



Instituto Superior de  
Engenharia de Coimbra

Engenharia de Coimbra

Departamento  
de Engenharia Mecânica

---

## **Rastreabilidade de Equipamentos Mecânicos**

Relatório de estágio para a obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Mecânica – Especialização em Construção e Manutenção de  
Equipamentos Mecânicos

**Autor**

**Daniel Jorge de Oliveira Pratas**

**Orientador**

**Professor Doutor Carlos José de Oliveira Pereira e Jorge  
Alcobia**

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

**Orientador na empresa**

**Engenheiro Ricardo Grave**

Chassis Brakes International Portugal

**Coimbra, Abril, 2019**





---

## Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à Chassis Brakes International Portugal S.A, pela oportunidade proporcionada para a realização deste estágio curricular no departamento de manutenção.

Quero também agradecer em especial ao orientador na empresa, o Engenheiro Ricardo Grave pelo apoio e orientação ao longo de todo o estágio, bem como a todos os colaboradores da empresa, principalmente aos técnicos da manutenção pela simpatia e pela integração que me proporcionaram naquele departamento.

Agradeço também ao meu orientador, o Professor Doutor Carlos José de Oliveira Pereira e Jorge Alcobia pelas orientações, críticas e sugestões imprescindíveis na elaboração deste trabalho.

Por último agradeço aos meus pais e a minha namorada pelo apoio que me deram nesta longa jornada.



---

## Resumo

A manutenção é uma atividade essencial ao ciclo de vida dos equipamentos, que combina ações de gestão técnicas e económicas no sentido de obter elevada disponibilidade a baixos custos. O objetivo da manutenção será a de reduzir custos, mantendo e melhorando a disponibilidade dos equipamentos.

As tarefas realizadas ao longo do estágio incidiram numa primeira fase na catalogação das *spare parts* dos componentes dos três equipamentos mecânicos sobre os quais incidiam este trabalho, bem como a organização dos seus manuais de manutenção. Numa segunda fase do estágio foram criadas folhas de cálculo em Excel, onde se calculavam os KPI's, o MTBF e o MTTR, quer para os vários componentes dos três equipamentos mecânicos, como para estes equipamentos. Estes KPI's eram calculados tanto semanalmente, como mensalmente, para se ter uma perspetiva mais abrangente de quais desses componentes ou equipamentos mais influenciavam negativamente os valores dos KPI's para se poder decidir onde realizar as intervenções de manutenção preventiva e corretiva mais aprofundadas.

Neste relatório realizou-se uma análise mensal dos KPI's das três máquinas, referindo-se as avarias mais comuns e/ou graves, sugerindo-se medidas para que estas não se repitam e analisando os resultados de algumas ações e melhorias propostas ao longo do relatório.

Conclui-se que a maioria das sugestões implementadas resultaram numa melhoria dos indicadores das máquinas.

**Palavras-Chave:** Manutenção preventiva; Manutenção Corretiva; KPI's; Rastreabilidade



---

## Abstract

The internship report that is presented is part of the curricular unit of the project /internship that is integrated in the Master in Mechanical Equipment and Systems with Specialization in Construction and Maintenance of Mechanical Equipment of the Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. The internship took place at Chassis Brakes International Portugal S.A and his theme is maintenance tracking of mechanical equipment.

Maintenance is an essential activity in the life cycle of the equipment, which combines technical and economic management, in order to obtain high availability at low costs. The objective of maintenance will be to reduce costs by maintaining and improving equipment availability.

The tasks carried out during the internship focused on the first stage in the cataloging of the spares parts of the components of the three mechanical equipments on which this work was based, as well as the organization of its maintenance manuals. In a second stage of the internship, spreadsheets were created in Excel, where the KPIs, MTBF and MTTR, were calculated for the various components of the three mechanical equipments and for these equipments. These KPIs were calculated both weekly and monthly to give a more comprehensive perspective on which of these components or equipment most negatively influenced the KPI's values in order to be able to decide where to carry out further preventive and corrective maintenance interventions.

In this report a monthly analysis of the KPIs of the three machines was carried out, referring to the most common and / or severe faults, suggesting measures to avoid them being repeated and analyzing the results of some actions and improvements proposed throughout the report.

It was concluded that most of the suggestions implemented resulted in an improvement of the machine indicators.

**Key Words:** Preventive Maintenance, Corretive Maintenance; KPI's, Maintenance tracking





---

## Índice

Agradecimentos.....	iii
Resumo .....	v
Abstract.....	vii
Índice .....	ix
Índice de Figuras .....	xiii
Índice de Tabelas.....	xvii
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	xix
1 Introdução .....	1
2 Enquadramento sobre o tema.....	3
2.1 Indústria automóvel.....	3
2.2 Grupo Chassis Brakes International .....	3
2.3 Chassis Brakes International Abrantes .....	3
2.3.1 Manutenção na Chassis Brakes International Portugal .....	5
3 Funcionamento e produção de Travões de tambor .....	7
4 Manutenção.....	11
4.1 Introdução à manutenção .....	11
4.2 Evolução da Manutenção.....	12
4.3 Classificação da Manutenção.....	13
4.4 Manutenção Corretiva .....	14
4.5 Manutenção Preventiva .....	14
4.6 Manutenção Preditiva .....	15
4.7 Manutenção Autónoma .....	15
5 Key Process Indicators (KPIs) .....	17
5.1 Mean Time between Failures (MTBF).....	17
5.2 Mean Time To Repair (MTTR) .....	18
6 Atividades do estágio .....	19

6.1	Descrição das máquinas e das peças .....	19
6.2	Constituição da máquina 1.....	22
6.2.1	Posto 1 .....	24
6.2.2	Posto 2 .....	25
6.2.3	Posto 3 .....	26
6.2.4	Posto 4.....	28
6.2.5	Posto 5 .....	31
6.2.6	Posto 6 .....	32
6.2.7	Prato Divisor .....	32
6.2.8	Sistema hidráulico, pneumático, de lubrificação e de emulsão .....	34
6.2.9	Sistema de extração de limalhas .....	34
6.2.10	Segurança .....	35
6.3	Constituição da máquina 2.....	35
6.3.1	Posto 1 .....	37
6.3.2	Posto 2 .....	37
6.3.3	Posto 3 .....	39
6.3.4	Posto 4.....	40
6.3.5	Posto 5 .....	40
6.3.6	Posto 6 .....	40
6.3.7	Prato Divisor .....	41
6.3.8	Sistema hidráulico, pneumático, de lubrificação e de emulsão .....	41
6.3.9	Sistema de extração de limalhas .....	42
6.3.10	Segurança .....	42
6.4	Constituição da máquina 3.....	42
6.4.1	Posto 1 .....	43
6.4.2	Posto 2 .....	43
6.4.3	Posto3 .....	44
6.4.4	Posto 4 .....	45
6.4.5	Posto 5 .....	46
6.4.6	Posto 6 .....	46
6.4.7	Posto 7 .....	46
6.4.8	Posto 8 .....	46

---

6.4.9	Prato divisor .....	47
6.4.10	Sistema pneumático e de emulsão .....	49
6.4.11	Segurança .....	49
6.5	Rastreabilidade das máquinas .....	51
6.6	Rastreabilidade mensal das máquinas .....	58
6.6.1	Rastreabilidade da máquina 1 .....	59
6.6.2	Posto 2 .....	60
6.6.3	Posto 3 .....	61
6.6.4	Posto 4 .....	62
6.6.5	Posto 5 .....	64
6.6.6	Posto 6 .....	65
6.6.7	Prato divisor .....	66
6.6.8	Sistema hidráulico .....	66
6.6.9	Sistema de lubrificação .....	67
6.6.10	Sistema de emulsão .....	68
6.6.11	Sistema pneumático .....	69
6.6.12	Sistema de extração de limalhas .....	69
6.6.13	Segurança .....	70
6.6.14	Geral da máquina .....	70
6.6.15	Rastreabilidade da máquina 2 .....	72
6.6.16	Posto 6 .....	78
6.6.17	Prato divisor .....	79
6.6.18	Sistema hidráulico .....	80
6.6.19	Sistema de lubrificação .....	80
6.6.20	Sistema de emulsão .....	81
6.6.21	Sistema pneumático .....	81
6.6.22	Sistema de extração de limalhas .....	82
6.6.23	Segurança .....	82
6.6.24	Geral da máquina .....	83

6.7	Rastreabilidade da máquina 3 .....	85
6.7.1	Posto 1 .....	85
6.7.2	Posto 2 .....	86
6.8	Posto 3 .....	87
6.8.1	Posto 4 .....	88
6.8.2	Posto 5 .....	88
6.8.3	Posto 6 .....	89
6.8.4	Posto 7 .....	90
6.8.5	Posto 8 .....	91
6.8.6	Prato divisor .....	92
6.8.7	Sistema de emulsão .....	92
6.8.8	Sistema pneumático .....	93
6.8.9	Segurança .....	94
6.8.10	Geral da máquina .....	94
6.9	Comparação das três máquinas .....	95
7	Conclusão .....	99
	Referências Bibliográficas .....	101

---

## Índice de Figuras

Figura 1 - Travão de tambor e seus componentes, adaptado de (CBI, 2017).....	4
Figura 2 - Organograma funcional da Chassis Brakes Internationa Portugal S.A.....	5
Figura 3 - Funcionamento do travão de tambor, adaptado de Automotive Brake Systems, Robert Bosh.....	7
Figura 4 - Fluxograma de produção do travão de tambor .....	8
Figura 5 - Tipos de manutenção.....	14
Figura 6a - Biela de oito polegadas maquinada.....	19
Figura 6b - Biela de oito polegadas bruta.....	19
Figura 6c - Biela de nove polegadas maquinada.....	19
Figura 6d - Biela de nove polegadas bruta.....	19
Figura 7 - Imagem da máquina 1 .....	20
Figura 8 - Imagem da máquina 2 .....	21
Figura 9 - Imagem da máquina 3 .....	22
Figura 10 - Esquema da máquina 1 .....	23
Figura 11 - Posto 1 .....	24
Figura 12 - Caixa de cames.....	25
Figura 13 - Unidade de máquina, adptado de Euroma F34.2C0 .....	26
Figura 14 - Desenho técnico da unidade de avanço .....	26
Figura 15 - Anti vibratório, adaptado de Kostyrka .....	26
Figura 16 - Desenho técnico do Spindle.....	27
Figura 17 - Unidade de maquinação, adaptado de Somex.....	27
Figura 18 - Sensor de ferramenta partida, adaptado de BkMicro .....	28
Figura 19 - Desenho técnico do Spindle.....	29
Figura 20 - Desenho técnico do Spindle.....	30
Figura 21 - Unidade de avanço horizontal.....	30
Figura 22 - Unidade de avanço vertical .....	30
Figura 23 - Desenho técnico do Spindle.....	32
Figura 24 - Desenho técnico do prato divisor .....	33

Figura 25 - Prato divisor, adaptado de Fibro .....	33
Figura 26 - Transportador magnético, adaptado de Sermeto.....	35
Figura 27 - Esquema da máquina 2.....	36
Figura 28 - Desenho técnico do Spindle.....	38
Figura 29 - Desenho técnico de caixa de cames .....	38
Figura 30 - Desenho técnico do Spindle.....	39
Figura 31 - Desenho técnico da caixa de cames .....	40
Figura 32 - Prato divisor, adaptado de Fibro .....	41
Figura 33 - Esquema da máquina 3 .....	42
Figura 34 - Robot de carga .....	44
Figura 35 - Unidade com três rolamentos.....	45
Figura 36 - Unidade com dois rolamentos.....	46
Figura 37 - Componentes do posto de descarga .....	47
Figura 38 - Prato divisor.....	48
Figura 39 - Indexação.....	48
Figura 40 - Anti vibratório.....	49
Figura 41 - Lista de intervenções retirada do CMMS .....	51
Figura 42 - Gráfico do MTBF da máquina 2 W14.....	56
Figura 43 - Gráfico do MTTR da máquina 2 W14 .....	56
Figura 44 - Gráfico do MTBF mensal da máquina 3, mês de Abril 2018.....	58
Figura 45 - Gráfico do MTTR mensal da máquina 3, mês de Abril de 2018 .....	58
Figura 46 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 1 da máquina 1 .....	59
Figura 47 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 2 da máquina 1 .....	60
Figura 48 - Evolução do MTBF e do MTTR no posto 3 da máquina .....	61
Figura 49 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 4 da máquina 1 .....	62
Figura 50 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 5 da máquina 1 .....	64
Figura 51 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 6 da máquina 1 .....	65
Figura 52 - Evolução do MTBF e MTTR do prato divisor da máquina 1 .....	66
Figura 53 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema hidráulico da máquina 1 .....	66
Figura 54 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema de lubrificação da máquina 1 .....	67
Figura 55 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema de emulsão da máquina 1 .....	68
Figura 56 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema pneumático da máquina 1 .....	69

---

Figura 57 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema de extração de limalhas da máquina 1	69
Figura 58 - Evolução do MTBF e MTTR da segurança da máquina 1 .....	70
Figura 59 - Evolução do MTBF e MTTR geral da máquina 1 .....	70
Figura 60 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 1 da máquina 2 .....	72
Figura 61 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 2 da máquina 2 .....	73
Figura 62 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 3 da máquina 2 .....	74
Figura 63 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 4 da máquina 2 .....	76
Figura 64 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 5 da máquina 2 .....	77
Figura 65 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 6 da máquina 2 .....	78
Figura 66 - Evolução do MTBF e MTTR do prato divisor da máquina 2 .....	79
Figura 67 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema hidráulico da máquina 2 .....	80
Figura 68 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema de lubrificação da máquina 2 .....	80
Figura 69 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema de emulsão da máquina 2 .....	81
Figura 70 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema pneumático da máquina 2 .....	81
Figura 71 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema de extração de limalhas da máquina 2	82
Figura 72 - Evolução do MTBF e MTTR da segurança da máquina 2 .....	82
Figura 73 - Evolução do MTBF e MTTR da máquina 2 .....	83
Figura 74 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 1 da máquina 3 .....	85
Figura 75 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 2 da máquina 3 .....	86
Figura 76 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 3 da máquina 3 .....	87
Figura 77 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 4 da máquina 3 .....	88
Figura 78 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 5 da máquina 3 .....	88
Figura 79 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 6 da máquina 3 .....	89
Figura 80 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 7 da máquina 3 .....	90
Figura 81 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 8 da máquina 3 .....	91
Figura 82 - Evolução do MTBF e MTTR do prato divisor da máquina 3 .....	92
Figura 83 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema de emulsão da máquina 3 .....	92
Figura 84 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema pneumático da máquina 3 .....	93
Figura 85 - Evolução do MTBF e MTTR da segurança da máquina 3 .....	94



Figura 86 - Evolução do MTBF e MTTR da máquina 3 .....	94
Figura 87 - Evolução do MTBF e MTTR da máquina 1 .....	95
Figura 88 - Evolução do MTBF e MTTR da máquina 2 .....	96
Figura 89 - Evolução do MTBF e MTTR da máquina 3 .....	96

---

## **Índice de Tabelas**

Tabela 1 - Tabela de introdução de dados no Excel.....	54
Tabela 2 - MTBF e MTTR críticos das semanas da máquina 1 W8.....	55
Tabela 3 - Tabela dos dados mensais da máquina 2 W15 .....	57



---

## **Lista de Abreviaturas e Siglas**

PIB - Produto interno bruto

UE15 - União Europeia a 15

VDA - Verband Der Automobilindustrie

TPCA - Toyota Peugeot Citroën Automobile

IATF - International Automotive Task Force

AFNOR - Association Française de Normalisation

DIN - Deutsches Institut für Normung

RAI - Rapprochement automatique incremental

CMMS - Computarized Maintenance Management System

IP - Índice de proteção

KPI - Key Process Indicator

MTBF - Mean Time Between Failure

MTTR - Mean Time To Repair



# 1 Introdução

Este relatório surge no âmbito da unidade curricular de Projeto/Estágio integrante do Mestrado em Engenharia, na Área de Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra e pretende descrever o trabalho realizado durante o estágio curricular na empresa Chassis Brakes International Portugal S.A (CBI Portugal S.A).

Com a evolução da empresa, a CBI Portugal S.A tem implementado equipamentos mecânicos, que visam o aumento da produção e também a inclusão na produção de novos componentes que constituem o designado travão de tambor. Com a inclusão na produção de três equipamentos mecânicos responsáveis pela maquinação de um componente mecânico designado de biela surgiu a necessidade de compilar os manuais de instruções das máquinas e catalogar os seus componentes. Durante o período de estágio no setor da manutenção, uma das tarefas realizadas foi a elaboração de ficheiros Excel com os diversos componentes, vulgarmente designadas de *spare parts* de cada uma das três máquinas supra mencionadas.

Os ficheiros Excel visam o fácil acesso à informação neles compilada, assim como, o acesso facilitado a todas as intervenções de manutenção realizadas nos três equipamentos mecânicos separados pelos designados postos ou sistemas, sendo que estes ficheiros também calculam indicadores de manutenção dos equipamentos mecânicos, em períodos semanais e mensais, quer por posto, quer no global da máquina.

O relatório encontra-se estruturado em sete capítulos, sendo o primeiro relativo à introdução e enquadramento do trabalho realizado. No segundo capítulo apresenta-se, de um modo resumido a indústria automóvel, quer no mundo, quer em Portugal, sendo também neste capítulo apresentada a empresa CBI. No terceiro capítulo é apresentada uma breve explicação sobre o processo produtivo do travão de tambor. O quarto capítulo aborda os diferentes conceitos e tipos de manutenção, enquanto no quinto capítulo é feita alusão aos indicadores de manutenção utilizados nos cálculos nas folhas de Excel. O sexto capítulo descreve as atividades realizadas durante o estágio. No último capítulo apresentam-se as conclusões sobre os trabalhos realizados na empresa e apresentados no presente relatório.



## **2 Enquadramento sobre o tema**

### **2.1 Indústria automóvel**

Segundo (Conceição, 2017) a indústria automóvel tem sido um dos motores de crescimento dos países mais desenvolvidos e é já uma das indústrias mais importantes nas economias emergentes. A contribuição para as economias que tradicionalmente representam a grande maioria da produção e do mercado automóvel é de cerca de 7% do PIB nos EUA e na UE15 e de 9% no Japão.

Segundo (AICEP) a indústria automóvel em Portugal é particularmente significativa, tendo um forte contributo no emprego e no PIB português. As suas três principais áreas de atividade são o fabrico de moldes, o fabrico de componentes, onde se enquadra a Chassis Brakes International Portugal S.A - CBI, e o fabrico de viaturas automóveis. Segundo a AFIA - Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel, o setor de componentes para automóveis é o mais significativo, agregando cerca de 200 empresas, o que representa 42.000 postos de trabalho.

Em 2015, o setor de produção de componentes exportou 84% da sua produção, sendo que entre 2007 e 2015 as exportações aumentaram 20%.

A maior parte das empresas deste setor produzem componentes e acessórios para veículos automóveis seguindo-se as empresas que produzem artigos de matérias plásticas e por fim as empresas que produzem componentes de borracha.

### **2.2 Grupo Chassis Brakes International**

A Chassis Brakes International Portugal S.A – CBI (CBI, 2017), consiste numa empresa multinacional com presença nos 5 continentes, em 26 localidades e com 15 unidades de produção, empregando cerca de 5 mil e duzentos colaboradores. O grupo tem uma política de localização das suas unidades de produção de modo a beneficiar os mercados de crescimento mais célere no mundo, afirmando-se como um dos maiores construtores de soluções de travagem para a indústria automóvel, nomeadamente, nos travões de atrito, de discos e de tambor para veículos ligeiros.

A empresa tem mais de 90 anos na indústria dos travões para automóveis sob a alçada de diferentes marcas ao longo do tempo, sendo certificada pela norma ISO/TS 16949 e ISO 14001.

### **2.3 Chassis Brakes International Abrantes**

O grupo CBI tem uma unidade de produção localizada em Portugal, mais precisamente na localidade de Abrantes, cuja laboração teve início no ano de 1982 com a designação de Bendix Portugal, tendo sofrido uma ampliação no ano de 1993 e sendo posteriormente



adquirida pela empresa Allied Signal Automotive Portugal. Em 1995 iniciou-se a maquinação do Cilindro de Roda, no ano seguinte, a unidade fabril foi adquirida pelo grupo Bosch tendo obtido no ano seguinte a certificação pelas normas ISO 9002, QS9000 e VDA 6.1. Em 2003 a empresa estendeu a sua certificação para as normas ISO/TS – 16949 e ISO14001 tendo neste ano sido feitas as primeiras produções para o grupo Fiat. Em 2005 iniciou-se a produção de travões para a Suzuki e a TPCA. Em 2012 a Bosch Foundation Brakes é adquirida para se formar a Chassis Brakes International e no ano de 2014 a designação Social é alterada para Chassis Brakes International Portugal S.A (CBI, 2017).

Atualmente a unidade de produção em Abrantes tem a designação de Chassis Brakes International Portugal S.A. e fabrica um único produto: travões de tambor para veículos ligeiros (ver Figura 1).

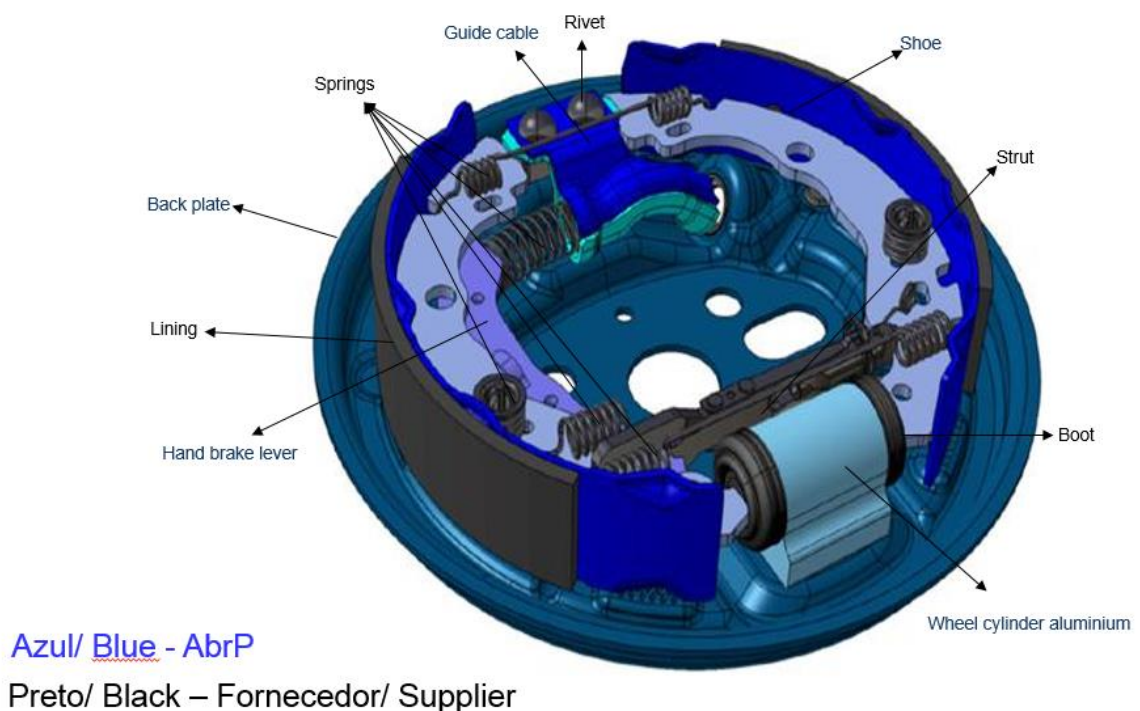


Figura 1 - Travão de tambor e seus componentes, adaptado de (CBI, 2017)

A tecnologia deste produto não variou muito nos últimos cinquenta anos, sendo as grandes diferenças estão ao nível dos materiais utilizados.

A fábrica também produz o designado Dram-in-Hat, que consiste num travão que só se aplica a veículos com travões de disco a todas as rodas e que tem como função a atuação do travão de mão.

Apesar da área ser algo conservadora, a empresa nunca deixou de evoluir, tanto a nível dos equipamentos como dos processos de fabrico. Todos os anos são instalados novos equipamentos em substituição de outros em fim de vida, apesar deste esforço, a idade média das máquinas é elevada, este fator influencia bastante a Manutenção. Além disso por necessidade dos acréscimos de produção, o *Lay-out* da fábrica está em constante mudança com o objetivo de melhorar os processos de fabrico.

Na unidade produção existe uma grande variedade de tecnologias que vai desde os equipamentos instalados no arranque da fábrica, como as prensas mecânicas, mecânica pesada, máquinas de soldadura por pontos, linhas de montagem manuais; até aos recentes centros de maquinação de alta velocidade, robot e linhas de montagem automáticas onde o ciclo de produção de cada Travão de Tambor completo é de 6 segundos.

Atualmente a empresa está dividida em sete departamentos, como demonstra a Figura 2, que são: Qualidade, Operações onde se enquadra a Manutenção, Engenharia, Melhoria Continua, Recursos Humanos e Higiene e Segurança, Finanças e Compras.

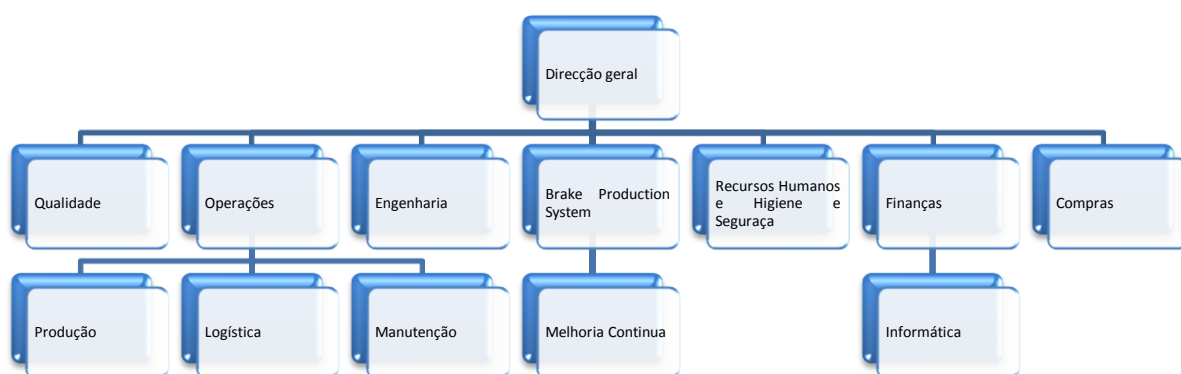


Figura 2 - Organograma funcional da Chassis Brakes International Portugal S.A

### 2.3.1 Manutenção na Chassis Brakes International Portugal

A Manutenção tem como principal cliente a Produção, existindo diversos problemas de comunicação entre ambas, conhecendo a condição dos equipamentos para aplicar a estratégia de manutenção mais adequada, estes problemas tenderão a diminuir, uma vez que a disponibilidade dos meios aumentará.

Com os restantes departamentos a interação é bastante elevada também, de onde se destacam as Compras (materiais e serviços), a Higiene e Segurança (segurança máquinas), a Qualidade (manutenção dos equipamentos de controlo) e o Departamento Financeiro (acompanhamento do orçamento da Manutenção).



### 3 Funcionamento e produção de Travões de tambor

Os travões de tambor são usados desde o início da utilização dos automóveis, sendo que ainda hoje em dia muitos veículos usam este tipo de travão. A superfície de fricção é chamada de tambor e é feita de ferro fundido.

Apesar deste tipo de travão não ter mudado muito ao longo do tempo, no início da sua utilização a superfície de fricção era exterior, hoje em dia a superfície de fricção é interior.

Os segmentos têm colados a si a guarnição que encosta ao tambor do travão sem derreter, quinar ou gastar rapidamente. Este processo acontece quando o condutor prime o pedal do travão fazendo com que o segmento se mova empurrado pelo cilindro de roda, pois o fluido faz força no seu pistão. Para se compensar o desgaste ao longo do tempo das guarnições os travões de tambor têm um mecanismo que faz essa compensação mecanicamente, são as designadas bielâs.

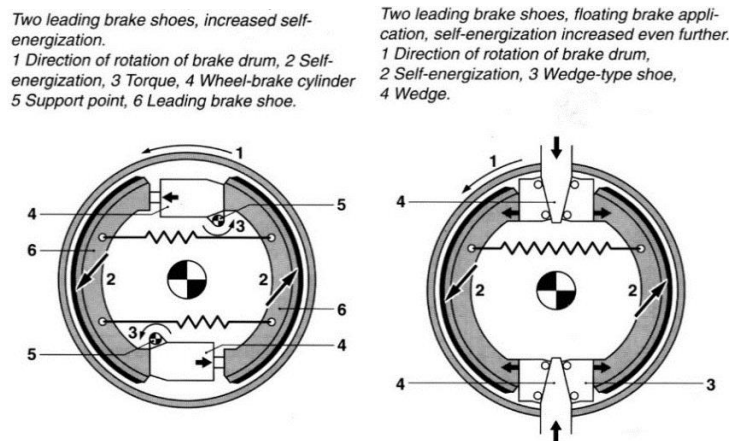


Figura 3 - Funcionamento do travão de tambor, adaptado de Automotive Brake Systems, Robert Bosh

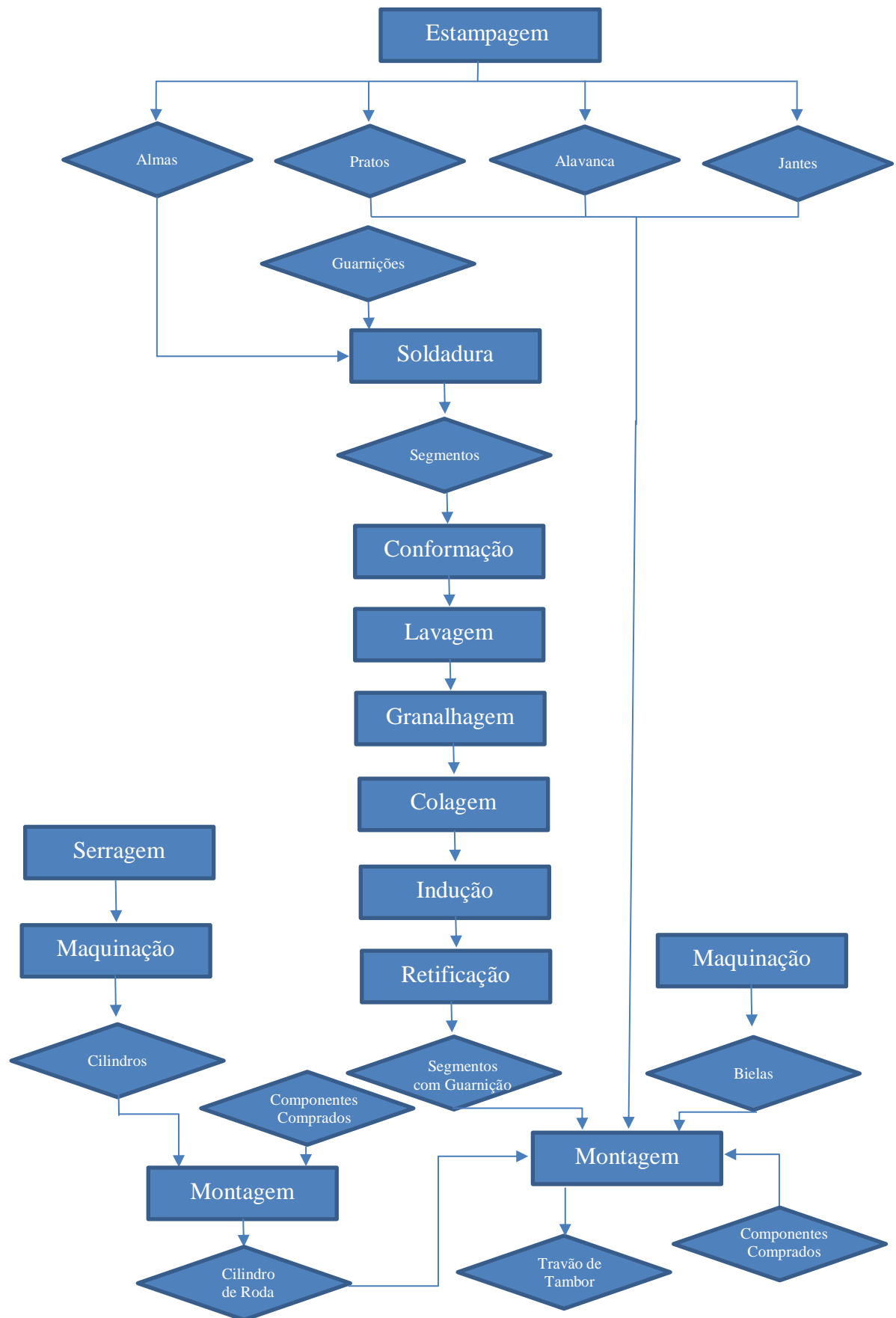


Figura 4 - Fluxograma de produção do travão de tambor

Como mostra a Figura 4, o travão de tambor ganha forma através da estampagem a frio, neste processo estão as prensas hidráulicas, que produzem os designados, pratos, alavancas, almas e jantes, na CBI Portugal nenhum destes componentes é produzido na mesma prensa e todos requerem várias batidas para ganharem a sua forma final dentro das tolerâncias pré-estabelecidas.

Depois da operação de estampagem, as almas e guarnições são transportadas para máquinas de soldadura por pontas onde estas são unidas, em seguida os dois componentes passam a designar segmento e são conformados em duas prensas para garantirem as suas formas. Este componente passa por uma operação de desgorduramento, onde é lavado a temperaturas elevadas. Posteriormente dá-se a granalhagem do segmento, esta operação confere proteção contra a ferrugem e aumenta a sua tensão superficial. A cola pintura realiza-se para que a guarnição possa colar ao segmento. Em seguida faz-se a indução onde através de processo de indução o segmento e a guarnição ficam unidos. Por fim acontece a retificação do segmento, onde são garantidas as cotas e tolerâncias admissíveis deste componente.

Para se produzir o cilindro de roda utilizam-se centros de maquinação de alta velocidade, onde estão acoplados serrotes, estes cortam os varões de alumínio, que posteriormente são transportados para os centros de maquinação onde ganham a forma pretendida. Por último os cilindros de roda são transportados para as linhas de montagem onde são acoplados os componentes inerentes ao seu funcionamento, nomeadamente, o tampão de purga, o parafuso de purga, o tampão de entrada de óleo, da mola, o vedante, o pistão e o capichon.

As bielas são adquiridas a um fornecedor, mas estas estão num estado bruto, ou seja, estão com a sua forma final, mas faltam as operações de acabamento que são realizadas nas máquinas estudadas neste relatório e cujas operações de maquinação serão especificadas nos capítulos seguintes.

Por fim os componentes anteriormente mencionados são transportados para as linhas de montagem onde são montados juntamente com os componentes adquiridos aos fornecedores e dão forma ao travão de tambor como é mostrado na Figura 1.



## 4 Manutenção

### 4.1 Introdução à manutenção

A norma AFNOR NF X 60-10 define a manutenção como tudo o que é necessário para permitir que os equipamentos sejam mantidos, restaurados para uma condição específica ou aptos para executar um determinado serviço.

Para a norma NP EN 13306 a manutenção é a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida.

Segundo a norma BS 3811 a manutenção é a combinação de todas as técnicas e medidas administrativas destinadas a manter ou restaurar determinado item, para um estado no qual pode executar a sua função.

A norma DIN 31051 define a manutenção como o conjunto de medidas destinadas a manter ou restaurar o equipamento à condição para o qual foi destinado originalmente, e para verificar e avaliar a sua condição atual.

Segundo GROOTE (1992) até aos anos 50 a manutenção era considerada uma função que implicava uma perda inevitável de capital e tempo, por isso houve uma tendência de agrupá-la à resolução de problemas e reparação de máquinas, que estavam sujeitas ao desgaste e obsolescência.

A manutenção, hoje em dia, envolve muito mais que isso, tornou-se num esforço para alcançar um compromisso entre as considerações técnicas e económicas. Para que a função de produtividade da manutenção seja reconhecida tem de se perceber que a manutenção é um dos requisitos essenciais para a produção. A sua relação com o desempenho do equipamento é uma questão de estratégia integrada. Como tal, a função manutenção torna-se numa função de gestão do total de ativos físicos integrados.

Para alcançar o seu objetivo eficaz e eficientemente, a manutenção exige recursos humanos e materiais corretos e apropriados. Deve contar com um orçamento operacional para que possa funcionar como mais que apenas um serviço de reparações de emergência. Planeamento, organização e uma abordagem metódica do trabalho são essenciais para a gestão das atividades de manutenção. São necessários programas adequados na formação profissional, bem como na pesquisa e desenvolvimento na área de manutenção, para garantir que a qualidade do trabalho possa ser continuamente melhorada. Só então a função de manutenção poderá desempenhar plenamente o seu papel principal na produtividade, garantia de qualidade do produto acabado, segurança individual e proteção ambiental.



## **4.2 Evolução da Manutenção**

Segundo Moro e Auras (2007) a manutenção sempre existiu, mesmo nas épocas mais remotas. Começou a ser conhecida com o nome de manutenção por volta do século XVI, na Europa central, quando surgiram os primeiros técnicos em montagem e assistência. Tomou corpo ao longo da Revolução Industrial e afirmou-se, como necessidade absoluta, na Segunda Guerra Mundial. Para Bristot (2012) a manutenção pode dividir-se em três períodos distintos, a primeira geração, que teve lugar após a primeira Guerra Mundial, onde só era contemplada a reparação dos equipamentos após o seu dano, foi nesta época que surgiu o conceito de Manutenção: a segunda geração, tendo esta fase início depois da segunda Guerra Mundial, onde o pós-guerra impulsionou a revolução industrial e uma crescente necessidade de mecanização industrial, composta por várias e complexas máquinas, onde se pretendia assegurar a longevidade e a continuidade dos equipamentos com vista à diminuição dos custos de produção, surgindo assim o conceito de Manutenção Preventiva, por fim, a terceira geração, que se iniciou nos anos 70, procurando novas formas de maximizar a vida útil dos equipamentos, a sua disponibilidade e fiabilidade, a sua segurança e qualidade, tendo um controlo sobre os custos de produção. Foi nesta época que evoluíram os processos de controlo e os sistemas de automatização, contribuindo assim para um planeamento da manutenção de forma mais eficiente e eficaz; surgindo também o conceito de gestão da manutenção.

A identificação de oportunidades de redução de custos e melhoria da qualidade de produto mostrou a necessidade de maior atenção para as atividades de manutenção. Durante muitos anos a ação da manutenção foi baseada na troca de componentes, evitando assim as paragens de emergência. Esta fase gerou o conceito de que os equipamentos tornaram-se menos confiáveis à medida que o tempo de operação, ou idade, aumentava. Assim, a grande preocupação da manutenção era estabelecer ações de manutenção que se antecipassem às quebras, segundo Silva (2004).

A introdução das novas estratégias de organização começaram a ser utilizadas nos anos mais recentes. A “Total Productive Maintenance” (TPM), “Reliability Centered Maintenance” (RCM) e, mais recentemente, a “Reliability Based Maintenance” (RBM), passaram a ser utilizadas com grandes perspectivas de retorno para as empresas, segundo Silva (2004).

Para Simões (2011) a manutenção industrial está na linha da frente para a redução dos custos de produção, bem como da redução do custo do ciclo de vida dos bens, o que provoca uma crescente necessidade de especialistas em manutenção na indústria. A crescente complexidade e imprevisibilidade dos mercados devido às constantes alterações em todos os seus elementos força as empresas, independentemente da indústria, a uma adaptação contínua para sobreviverem. No caso particular das empresas industriais, estas constantes adaptações trazem consigo dificuldades especiais traduzidas em grandes custos.

Sendo assim, para que a manutenção ocorra é necessária a disponibilidade de recursos materiais, mão-de-obra, recursos financeiros e recursos de informação. Além disso, para a gestão da manutenção, pode optar-se por recursos internos; recursos externos ou por uma abordagem mista. As soluções que envolvem recursos externos, o *outsourcing*, têm vindo a ganhar espaço e adeptos. Nos últimos anos a percentagem de empresas que recorre somente a meios internos diminuiu e assistiu-se a uma transferência para soluções que passam por utilizar meios internos e externos. As empresas que recorrem a meios externos para a manutenção têm como soluções os contratos de manutenção e empreitadas. Para a manutenção global, devem possuir nos seus quadros de pessoal trabalhadores especializados nas respetivas áreas tecnológicas e ter *know-how* de manutenção. De uma forma geral, os conteúdos funcionais dos profissionais de manutenção têm vindo a sofrer claras mutações que evidenciam, de alguma forma, um alargamento das suas atividades. Assim, a este nível, podem apontar-se essencialmente dois perfis profissionais estratégicos, o Gestor de Manutenção e o Técnico de Manutenção, (Dias, 2003).

As competências do Gestor de Manutenção estão inseridas na gestão de custos, gestão de equipamentos, gestão de recursos humanos e na gestão de operações. As competências do Técnico de Manutenção estão reunidas no seguinte núcleo: ambiente, higiene, saúde e segurança, tecnologias de produção diversificadas, aplicação de manutenção preventiva e programada, domínios de intervenção (eletricidade, mecatrónica, pneumática, hidráulica, eletrónica), tecnologias de informação e comunicação.

### **4.3 Classificação da Manutenção**

A classificação ainda não é consensual entre os vários autores que escrevem sobre o tema, pois, apesar de inúmeras vezes a classificação da manutenção apresentada na literatura ser semelhante, variando por vezes só os termos e mantendo o conceito desses mesmo termos, esta é adaptada à organização de cada empresa.

Apesar das várias teses sobre os termos a utilizar no que diz respeito aos tipos de manutenção, as distinções usadas na Chassis Brakes International Abrantes são: manutenção planeada e manutenção não planeada, distinguindo-se dentro desta classificação a manutenção corretiva e manutenção preventiva, dentro da manutenção preventiva faz-se a distinção entre

manutenção preditiva e manutenção autónoma, conhecida como TPM, conforme mostra a Figura 5.

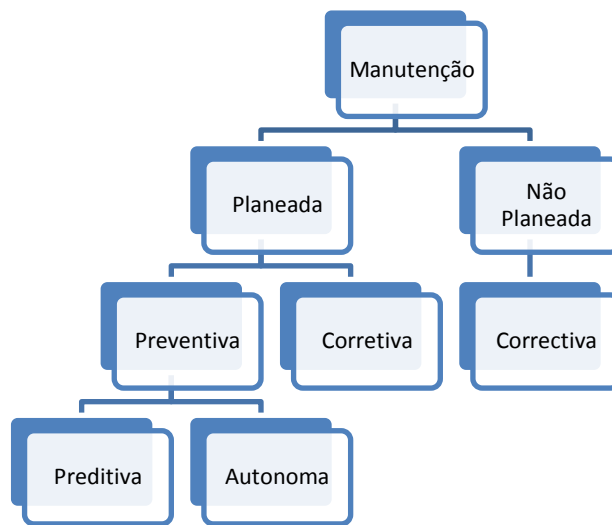


Figura 5 - Tipos de manutenção

#### 4.4 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é a forma mais óbvia e primária de manutenção, a sua filosofia rege-se pelo princípio de reparar quando partir, é feita após a ocorrência de avaria. De um ponto de vista global é a forma de manutenção mais dispendiosa pois, quando é não planeada acarreta todos os custos não planeados das paragens dos equipamentos e da produção mais os da mão-de-obra das intervenções. Deve ser reservada aos equipamentos cuja indisponibilidade não afete o normal funcionamento da produção e onde os custos de manutenção não sejam demasiado elevados.

Este tipo de manutenção tem como vantagens o menor custo de manutenção se for aplicada a equipamentos com pouca influência produtiva e a realização de tarefas de manutenção só quando é necessário.

A manutenção corretiva tem muitas desvantagens como sejam os elevados custos de reparação, nomeadamente, com a mão-de-obra e o custo das peças que por norma são pedidas com urgência, o elevado *stock* de peças que é necessário ter em armazém e a impossibilidade de na maioria dos casos não poder haver um planeamento.

#### 4.5 Manutenção Preventiva

O conceito de manutenção preventiva surgiu na década de 1950, com a necessidade da verificação das condições do equipamento de modo a prevenir que este avarie e para que, assim, se prolongue seu tempo de vida útil. Segundo a norma IATF 16949, pela qual a Chassis Brakes International é certificada, a manutenção preventiva consiste na realização de tarefas de manutenção planeadas entre intervalos regulares, baseados no tempo ou numa inspeção periódica dos equipamentos, para eliminar as causas das falhas dos equipamentos e as interrupções de produção não programadas. A manutenção preventiva tem como objetivos manter a qualidade do produto, fazendo aumentar a produção, preservar o meio ambiente, aumentar a vida útil dos equipamentos e reduzir os acidentes de trabalho.

A manutenção preventiva pode ser dividida em dois tipos, a manutenção preditiva e a manutenção autónoma, vulgo TPM (Total Productive Maintenance).

#### **4.6 Manutenção Preditiva**

A norma IATF 16949 menciona que a manutenção preditiva é uma abordagem com várias técnicas para avaliar as condições de funcionamento de um equipamento em serviço, realizando monitorizações periódicas ou contínuas da condição do equipamento, para prever quando deve ser aplicado algum tipo de manutenção. Nesta área a Chassis Brakes International utiliza a termografia, a análise de lubrificantes e a análise de vibrações para todos os equipamentos que são considerados críticos de acordo com o quadro de criticidades de equipamentos.

Este tipo de manutenção tem como objetivo eliminar desmontagens desnecessárias para a inspeção dos equipamentos, evitar a realização de manutenções preventivas desnecessárias, aumentar a disponibilidade dos equipamentos, reduzir o número de avarias e de tarefas de manutenção não planeada num determinado equipamento. Este tipo de manutenção para além de ter um número considerável de vantagens também tem algumas desvantagens nomeadamente um aumento da dependência em relação a entidades externas, o aumento de custos indiretos de manutenção e o aumento da componente burocrática da função manutenção.

#### **4.7 Manutenção Autónoma**

Para Hamrick (1994) o TPM, é uma metodologia aplicada inicialmente no Japão, influenciada pelo avanço nas técnicas de Manutenção Preventiva, Preditiva e Correctiva.

Esta filosofia influenciou bastante a evolução da indústria no Japão depois da Segunda Guerra Mundial. Para o desenvolvimento e implementação desta metodologia em muito contribuiu, Seiichi Nakajima, considerado “o pai do TPM”

O TPM é uma metodologia que visa atingir um aumento da produtividade, bem como, uma melhoria na qualidade dos produtos, através da reposição das condições básicas do equipamento, aumentando assim, a sua vida útil.

Esta metodologia tem como tarefa central, a transferência de operações da manutenção para os operadores, que lidam diariamente com o equipamento, inculcando um sentimento de posse e brio, favorecendo a condição da máquina, bem como o seu funcionamento. “TPM significa uma manutenção autónoma da produção que tenta aperfeiçoar a habilidade do operador e o conhecimento do seu próprio equipamento para aumentar, ao máximo a sua eficiência de operação”.

Esta filosofia pode ser aplicada e estendida a todos os sectores numa empresa. Apesar da maioria das empresas ter aplicado o TPM apenas na produção, por ser uma área normalmente

complexa em que o desperdício e a falta de eficiência é uma realidade, a tendência será implementar esta metodologia, transversalmente, em toda a organização (Rui, 2008). As empresas mais evoluídas nesta área, adotaram uma nova definição de TPM em que o “M” (Maintenance) passa a designar Management, apontando claramente para uma filosofia focada em toda a organização e não apenas na produção.

## 5 Key Process Indicators (KPIs)

Segundo Neves (2012), os indicadores consistem em expressões quantitativas que representam uma informação concebida a partir da medição e da avaliação de uma estrutura de produção, dos processos que a compõem e dos produtos resultantes. Desta forma, os indicadores constituem instrumentos de apoio à tomada de decisão relativamente a uma determinada estrutura, processo ou produto. Um indicador é uma relação matemática que mede, numericamente, atributos de um processo ou dos seus resultados, com o objetivo de comparar esta medida com metas numéricas, pré-estabelecidas. Indicadores são elementos que medem níveis de eficiência e eficácia de uma organização, ou seja, medem o desempenho dos processos produtivos, relacionados com a satisfação dos clientes.

Deste modo, um indicador de desempenho representa um resultado atingido em determinado processo ou característica do produto final resultante. Refere-se ao comportamento do processo ou produto em relação a determinadas variáveis. Estes indicadores caracterizam condições como o custo de determinado processo, o lucro e a conformidade dos produtos.

Os indicadores de desempenho permitem o estabelecimento de desafios e de metas viáveis, para além da implementação de modificações ao longo do tempo, de modo a corresponderem às necessidades de informação da empresa face às imposições do ambiente e ao desenvolvimento de novas estratégias. Os indicadores de desempenho devem ser considerados parte integrante do processo de planeamento e controlo, fornecendo meios que possam ser utilizados como informações na tomada de decisão.

Em síntese, pode dizer-se que um sistema de indicadores de desempenho é um conjunto de medidas integradas em vários níveis, organização, processos e pessoas, definidas a partir da estratégia e dos objetivos da unidade de negócio, tendo como propósito fornecer informações relevantes às pessoas certas, as responsáveis pela tomada de decisão, sobre o desempenho de processos e produtos, para auxiliar no processo de tomada de decisão.

### 5.1 Mean Time between Failures (MTBF)

O *Mean Time Between Failures (MTBF)*, tempo médio entre avarias, exprime num determinado equipamento, o tempo médio de bom funcionamento, ou seja, o tempo que decorre, em média, entre duas avarias consecutivas, ou o tempo médio entre manutenções corretivas, sendo obtido através da equação (1):

$$MTBF = \frac{POT - CBT}{N^{\circ} \text{ de Avarias}}, \quad [\text{minutos}] \quad (1)$$

Na equação o POT (Planned Operating Time) é o tempo de operação planeado, e o CBT (Cumulated Breakdown Time) é o tempo de avaria acumulado.

O *MTBF* é um indicador que além de ser, a par do *MTTR*, um dos mais universais para a área de manutenção, demonstra de uma forma clara quais os equipamentos que estão a falhar com mais frequência. A sua análise permite extrair conclusões, como por exemplo saber se a manutenção preventiva está a ser feita de forma eficaz, ou se é necessário adaptar o planeamento, se a idade das máquinas está a influenciar o seu desempenho, se é necessária uma melhoria ou se não foi descoberta a causa raiz de uma avaria, pois o *MTBF* desse equipamento continua baixo.

## **5.2 Mean Time To Repair (MTTR)**

Para Cabral (2006) o *Mean Time To Repair* (MTTR), exprime o tempo médio necessário para reparar uma avaria, ou seja, a média dos tempos utilizados nas reparações no período em análise dado pela seguinte expressão:

$$MTTR = \frac{CBT}{N^{\circ} \text{ de Avarias}}, \quad [\text{minutos}] \quad (2)$$

O *MTTR* é um indicador que além de ser, a par do *MTBF*, dos mais universais para a área de manutenção, representa de uma forma clara quais os equipamentos que demoram mais tempo a reparar. A sua análise permite diversas conclusões, como por exemplo saber se uma reparação demorou mais tempo porque não existia um artigo crítico em armazém, se é necessário formar a equipa que pode ainda não ter os conhecimentos necessários para resolver as falhas nos novos equipamentos

## 6 Atividades do estágio

Devido às constantes alterações do mercado a Chassis Brakes International decidiu deslocalizar três máquinas da sua unidade de produção da Polónia para a unidade de produção de Portugal, sendo as mesmas acompanhadas dos manuais, desenhos das partes móveis e do sistema de corte, bem como dos esquemas elétricos, pneumáticos, hidráulicos e de lubrificação. A principal tarefa proposta neste estágio consistiu na validação de toda a informação transferida, na compilação e organização da referida informação e o cálculo dos indicadores da manutenção (MTBF e MTTR) para as mesmas. Foi ainda proposta a realização de uma rastreabilidade das avarias das três máquinas para se propor melhorias das mesmas e na organização de peças de reserva críticas quer pela indicação dos fornecedores, quer pela análise dos dados das intervenções nos vários componentes das máquinas.

### 6.1 Descrição das máquinas e das peças

As três máquinas destinaram-se à maquinação de duas variantes de uma peça que é montada no travão de tambor, sendo designada pela Chassis Brakes International como biela. Esta peça, consiste num ajuste mecânico do desgaste do travão ao longo da sua vida útil, fazendo assim a compensação do desgaste da guarnição. Estas peças podem ser de oito polegadas, representadas nas Figuras 6a e 6b ou de nove polegadas, representadas nas Figuras 6c e 6d, as Figuras 6a e 6c mostram as bielas ditas brutas, isto é antes de serem maquinadas. As bielas maquinadas estão representadas nas Figuras 6b e 6d, onde RAI significa rapprochement automatique incremental.

O picolete e a parte da biela onde a lamina e a bi-lamina vão posteriormente ser cravadas.

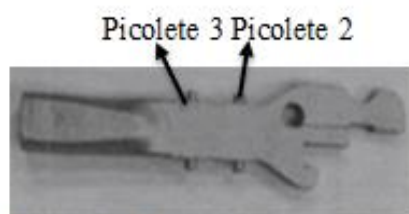


Figura 6a - Biela de oito polegadas bruta  
Furos de 4.5

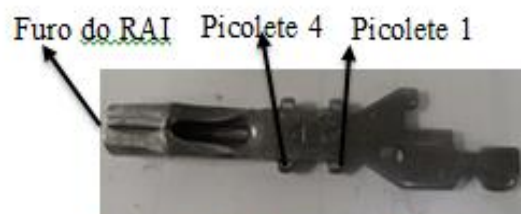


Figura 6b - Biela de oito polegadas maquinada

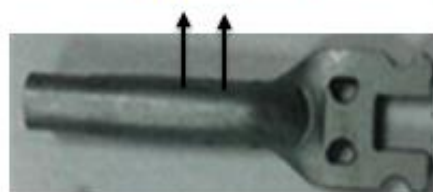


Figura 6c - Biela de nove polegadas bruta  
Furos de 4.5

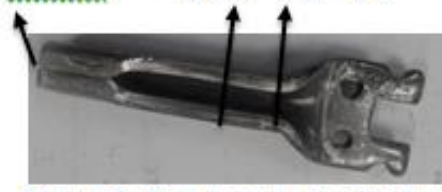


Figura 6d - Biela de nove polegadas maquinada



As bielas para serem montadas no travão necessitam de mais componentes, a lâmina e a bi-lâmina. Estes componentes são adicionados através de um processo de cravação, esta operação não se realiza nas referidas máquinas.

As máquinas caracterizam-se pela realização de processos de furação, mandrilagem, facejamento e conformação. Estes processos são realizados através de várias unidades, cada uma das unidades desempenha unicamente um destes processos. As unidades estão agrupadas em postos que constituem as posições da máquina onde ocorre uma diferente operação de maquinação, cada posto tem pelo menos duas unidades, porque as máquinas realizam as operações de maquinação em duas bielas em simultâneo, conforme mostra a Figura 7, que representa o a máquina que neste relatório se passará a designar de máquina 1.

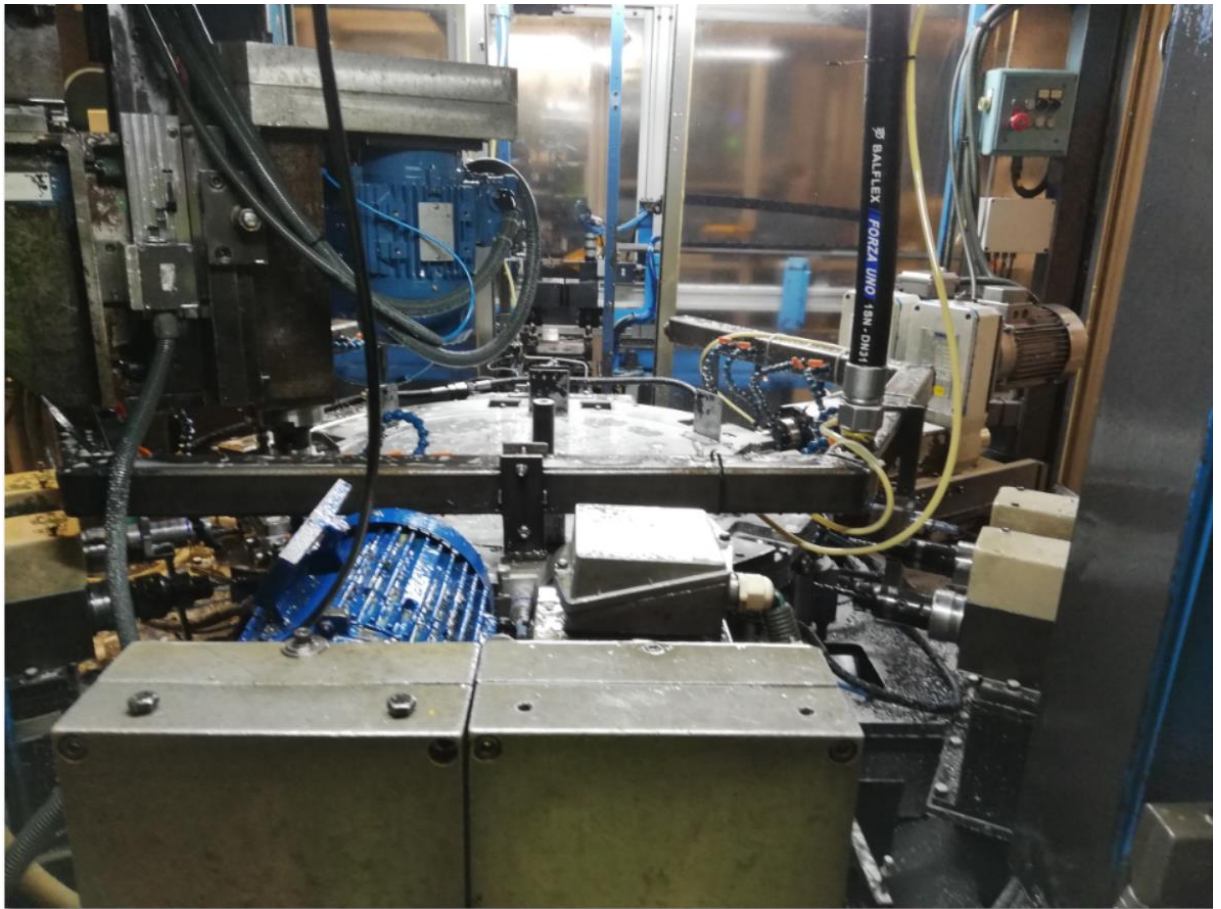


Figura 6 - Imagem da máquina 1

Na Figura seguinte mostra-se o esquema da máquina que se passará a designar de máquina 2, que é idêntica à máquina 1, sendo a principal diferença entre elas a dimensão das bielas que é de oito polegadas na máquina 1 e de nove polegadas na máquina 2.

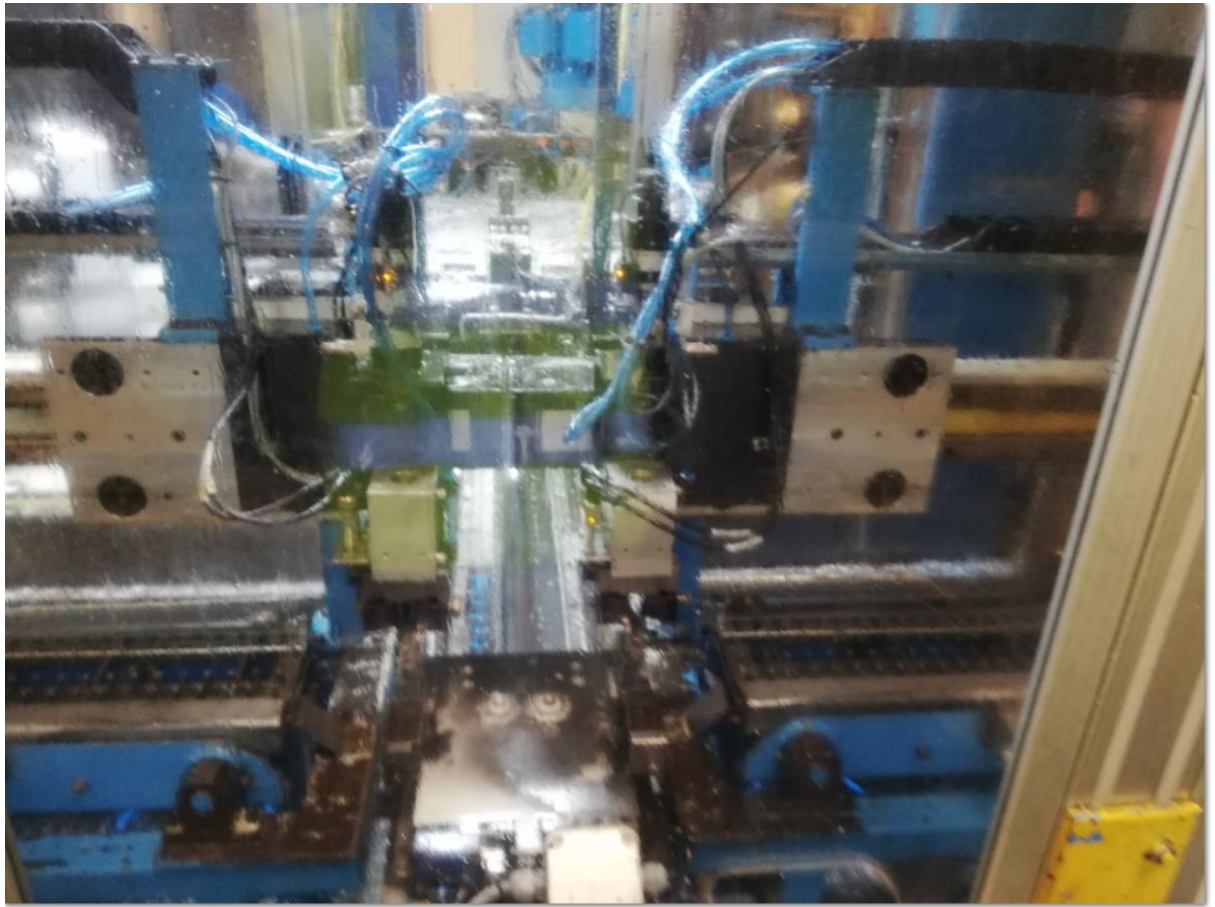


Figura 7 - Imagem da máquina 2

A terceira máquina, que também fabrica bielas de nove polegadas, é a que mais diferenças apresenta entre as três (Figura 9).



Figura 8 - Imagem da máquina 3

Pela observação das Figuras anteriores, pela análise da aparência das unidades das diferentes máquinas e pela documentação que as faz acompanhar pode concluir-se que a máquina 3 utiliza unidades diferentes das outras duas máquinas. A maior diferença que existe entre elas prende-se com o facto das máquinas 1 e 2 serem tanto pneumáticas como hidráulicas e a máquina 3 ser puramente pneumática.

## **6.2 Constituição da máquina 1**

Na Figura seguinte apresenta-se a divisão em diversos postos da máquina 1.

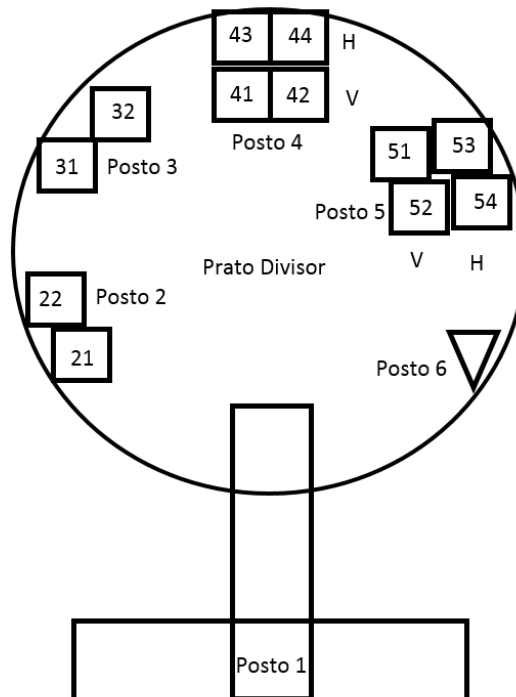


Figura 9 - Esquema da máquina 1

Como se pode verificar na Figura anterior a máquina é dividida por postos contabilizando um total de seis postos. O primeiro é o posto de carga e todos os postos seguintes com a exceção do posto 6 são de maquinação. Os postos de maquinação são compostos por duas ou quatro unidades consoante o posto e a sua operação, isto acontece porque por cada ciclo são sempre maquinadas duas bielas.

O segundo posto é composto por duas unidades horizontais, designadas por unidades 21 e 22 que fazem o facejamento e o chanfro das bielas, no furo do RAI e que serve para aplicar um mecanismo patenteado pela CBI que compensa o desgaste das guarnições ao longo do tempo .

O terceiro posto também é composto por duas unidades horizontais designadas por unidades 31 e 32, que efetuam o pré-furo de 8,5 mm de diâmetro no furo do RAI.

O posto 4 é composto por quatro unidades duas horizontais designadas 41 e 42, e por duas verticais designadas 43 e 44. As unidades horizontais são responsáveis pelo furo de 8,5 mm e as unidades verticais inferiores, ou seja, localizam-se inferiormente ao prato divisor, são responsáveis pelos furos de diâmetro de 4,1 mm onde posteriormente se efetua a cravação da lâmina.

O penúltimo posto é também constituído por quatro unidades, duas horizontais, as 51 e 52 e duas verticais, as 53 e 54. As horizontais são responsáveis pela mandrilagem do furo a um



diâmetro de 9,1 mm e as verticais superiores, são responsáveis pela furação de 4,1 mm para a cravação da lâmina e da bi-lâmina. Por último existe o posto de descarga.

Para além dos postos de maquinação a máquina também foi dividida em 5 sistemas; o hidráulico, o de lubrificação, o de emulsão, o pneumático e o de extração de limalhas. Por fim só sobram os designados prato divisor e a segurança.

### 6.2.1 Posto 1

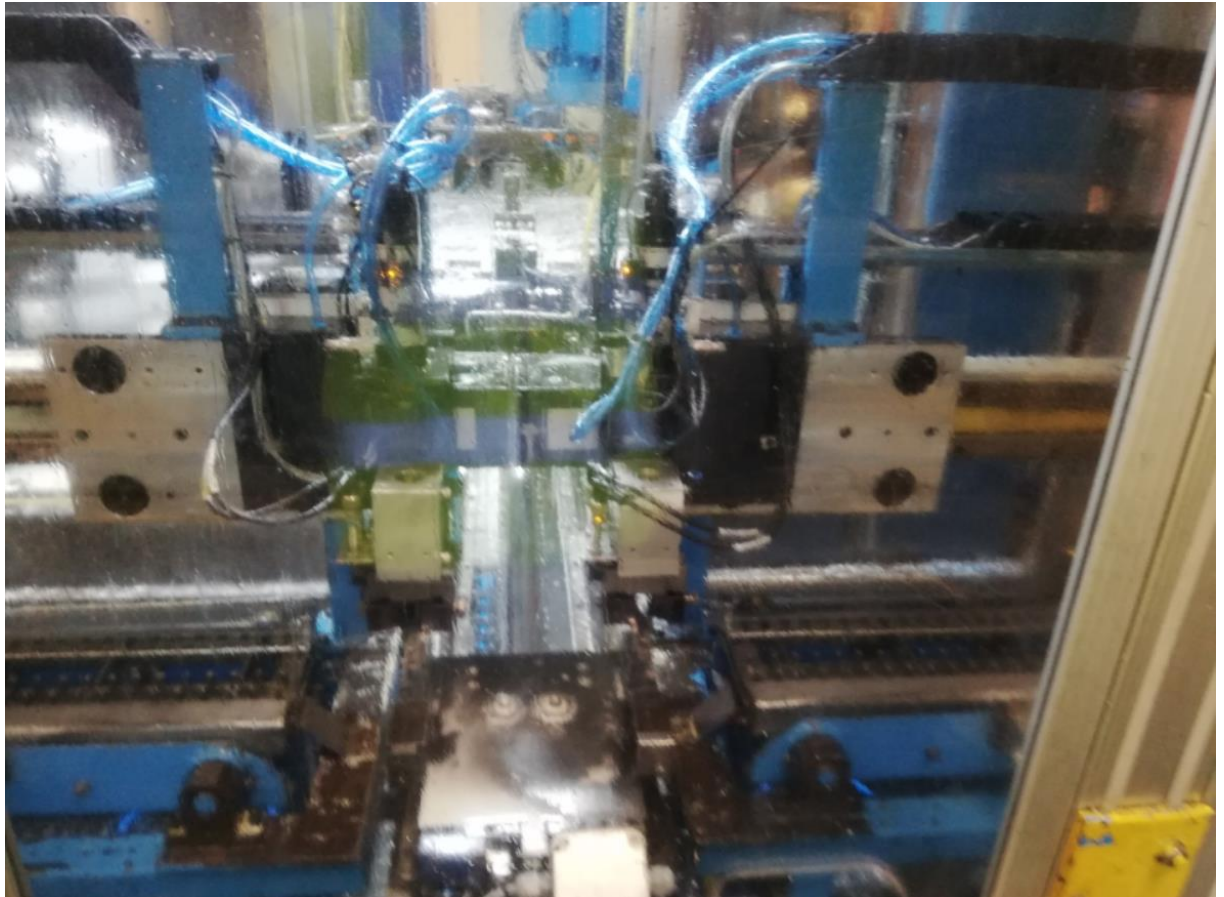


Figura 10 - Posto 1

O posto 1 representado na Figura anterior, como já foi dito anteriormente é o posto onde se dá a carga das bielas no prato divisor, sendo composto por uma manipulador direito e um esquerdo, que são iguais, e por um carro.

Cada um dos manipuladores é constituído por uma pinça que coloca as bielas no carro e por três cilindros pneumáticos, um responsável pela abertura da pinça, outro responsável pela deslocação vertical da pinça e o último responsável pela descarga dos tabuleiros de bielas vazios.

Os manipuladores também têm cada um, uma calha porta cabos para a passagem de cabos para os sensores e uma correia dentada para fazer a transmissão de movimento entre o motor posicionador e a pinça. Têm ainda varias caixas de cames, representadas na Figura 12, que servem para saber a posição da pinça e têm uma guia linear onde esta fica apoiada e se dá o seu movimento horizontal.

Neste posto existe também um carro que a cada ciclo da máquina é carregado com duas bielas, uma direita e outra esquerda, que são carregadas pelo manipulador esquerdo e direito respectivamente. O carro é composto por duas guias lineares que o guiam até ao prato divisor e três cilindros pneumáticos, sendo dois responsáveis pela elevação do carro aquando da indexação no prato divisor e um responsável pela deslocação horizontal. Têm também uma calha porta cabos que se destina a alojar os cabos de ligação aos vários sensores existentes, por fim tem um amortecedor para amortecer a paragem do carro na posição de carga das bielas.



Figura 11 - Caixa de cames

### 6.2.2 Posto 2

O posto 2 é composto por duas unidades horizontais, representadas na Figura 13, que são responsáveis por realizar o facejamento e o chanfro do furo do RAI da biela, sendo, iguais entre si. Em cada uma delas existe um motor que é o responsável pela rotação do *spindle*, onde está acoplado o porta-ferramentas. O *spindle* é o componente onde estão acoplados os porta ferramentas, ou seja, é o componentes responsável pela rotação e avanço da ferramenta de corte, sendo este constituído por um veio e vários rolamentos. A transmissão de movimento é feita por uma correia, sendo que a velocidade é ajustável através das polias motora e movida. Também faz parte da constituição do posto 2 uma caixa de cames que tem como função localizar a posição da unidade de avanço durante o ciclo. Esta unidade, representada na Figura 14, é uma peça vital de toda a unidade pois é nela que assenta o *spindle*, e é através dela que é feito o movimento de avanço da unidade determinando assim a velocidade de avanço da ferramenta.

A unidade de avanço é puramente hidráulica, avançando e recuando com a força de um cilindro que a faz deslizar sobre as guias lineares. Por fim também neste posto estão incorporados os designados anti vibratórios, representados na Figura 15, um por cada

unidade, e que têm como função o apoio das bielas quando estas estão a ser maquinadas, para evitar a sua vibração e consequentemente evitar o desvio de cotas na maquinação.

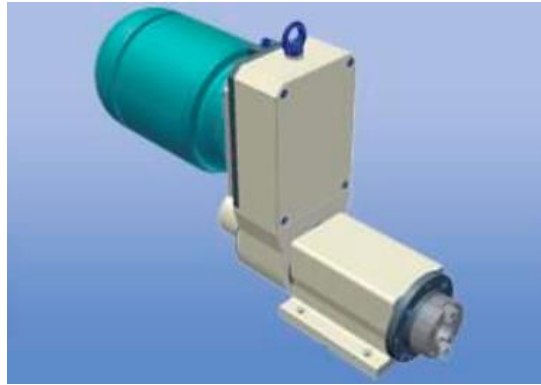


Figura 12 - Unidade de máquina, adaptado de Euroma F34.2C0

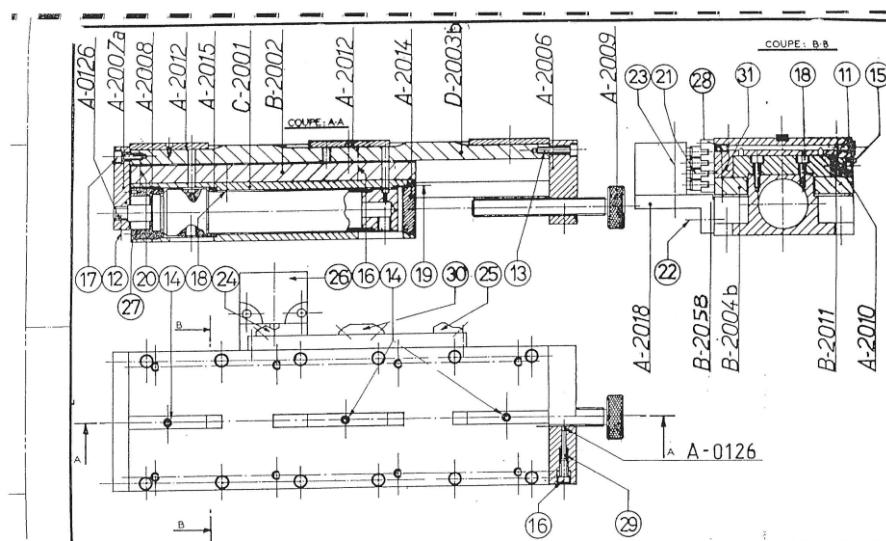


Figura 13 - Desenho técnico da unidade de avanço



Figura 14 - Anti vibratório, adaptado de Kostyrka

### 6.2.3 Posto 3

Este posto é responsável pela furação do pré-furo de 8.5 mm e tem à primeira vista um funcionamento igual ao posto anterior, mas depois de analisado, notam-se algumas diferenças. As unidades, representadas na Figura 16 e 17, que também são duas horizontais, são de uma marca diferente e têm um funcionamento diferente das unidades do posto anterior. Estas também têm um motor ligado ao *spindle* através de uma correia, mas o seu avanço não é feito através de uma unidade de avanço, sendo que é o próprio *spindle* que atuado pneumáticamente avança e recua, tendo a unidade para o ajuste da velocidade de avanço um designado amortecedor que é apenas um ajuste de velocidade pneumático. Este posto possui também ao contrário do anterior um sensor de ferramenta partida, representado na Figura 18,

que através de um movimento rotativo deteta a presença ou não da ferramenta nas duas unidades. Assim como o posto anterior este também possui dois anti vibratórios.

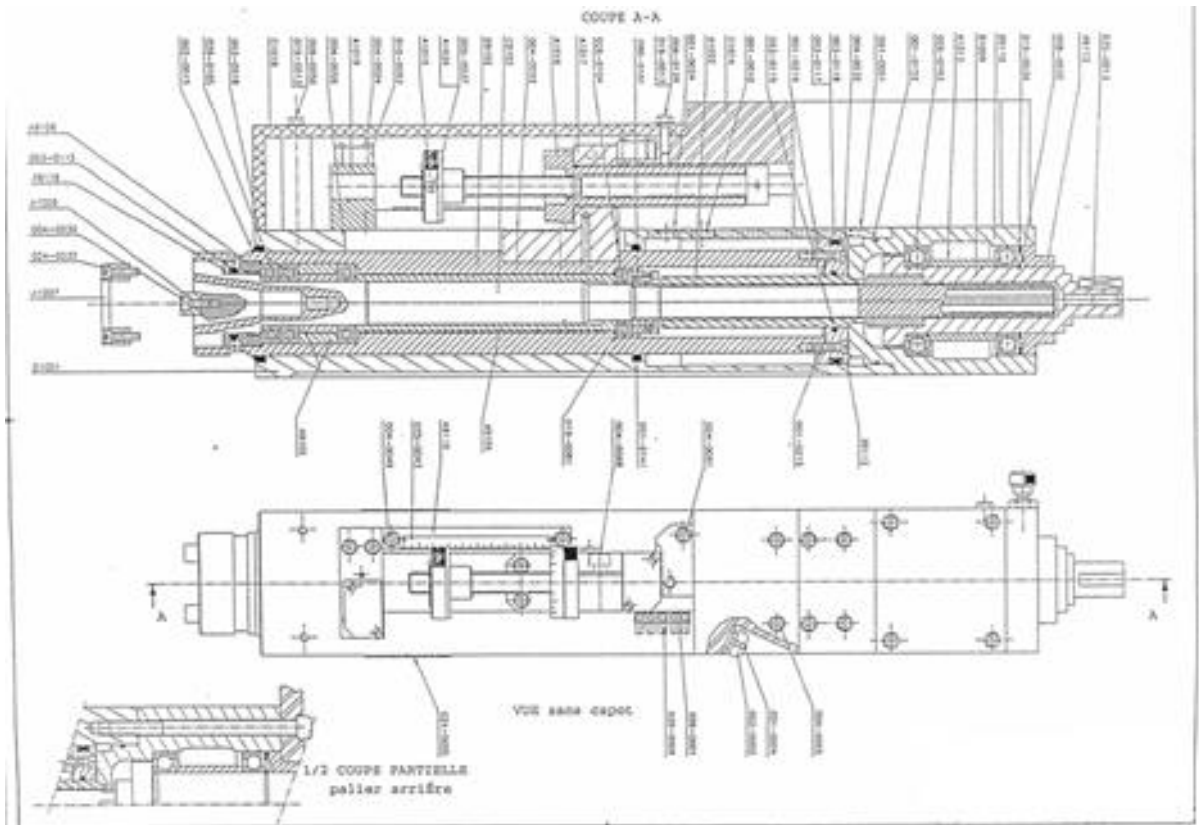


Figura 15 - Desenho técnico do *Spindle*

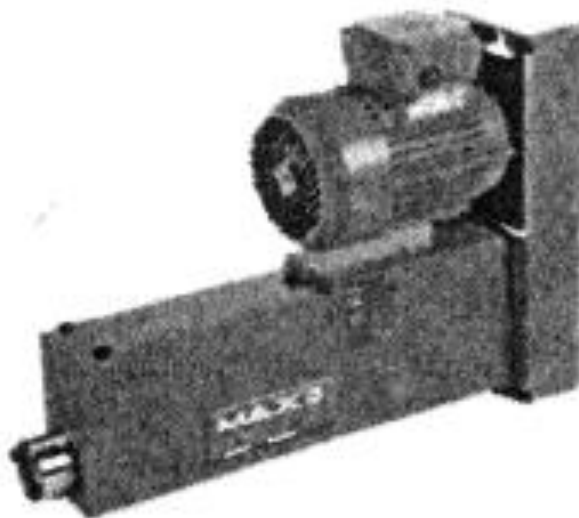


Figura 16 - Unidade de maquinação, adaptado de Somex



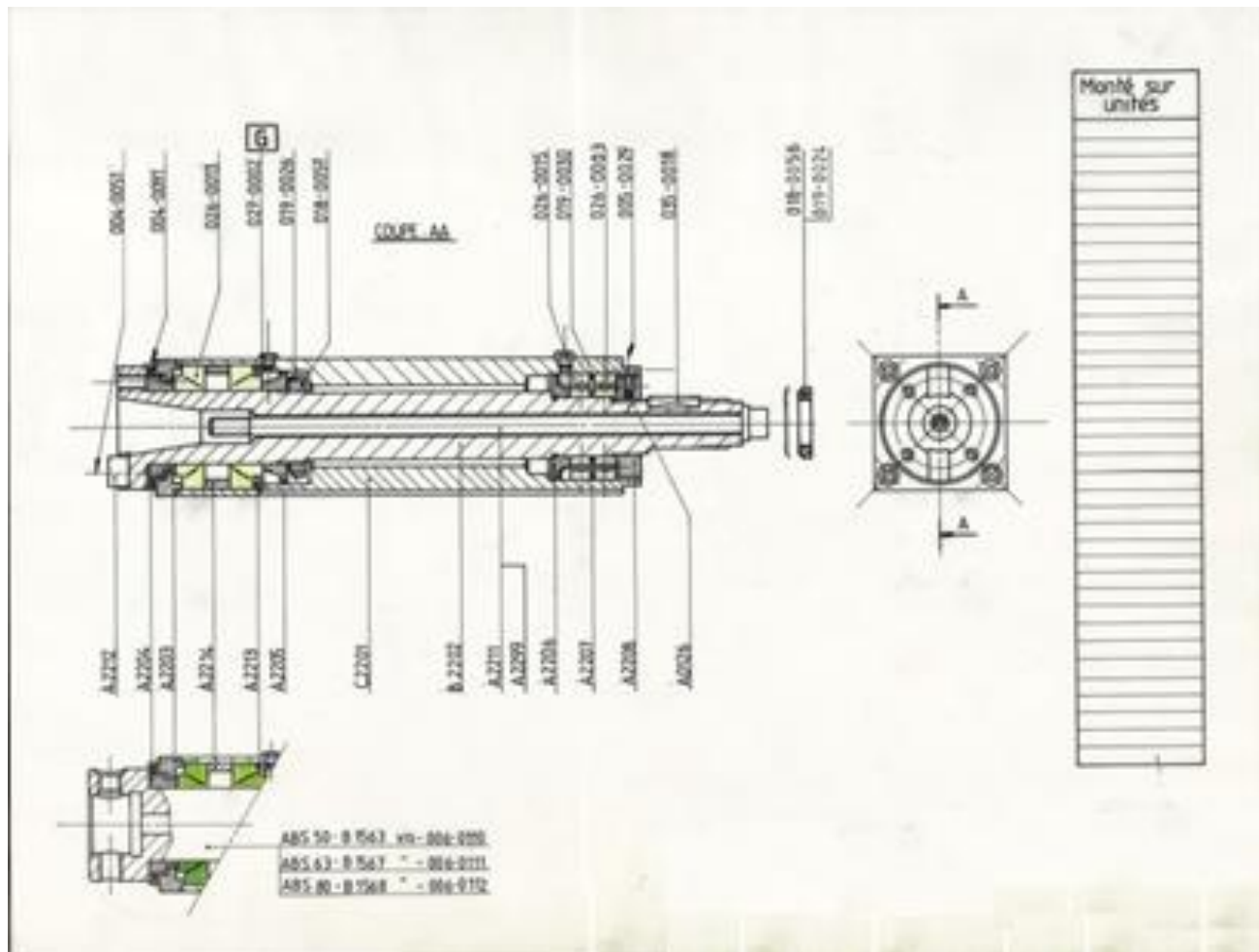


Figura 17 - Sensor de ferramenta partida, adaptado de BkMicro

#### 6.2.4 Posto 4

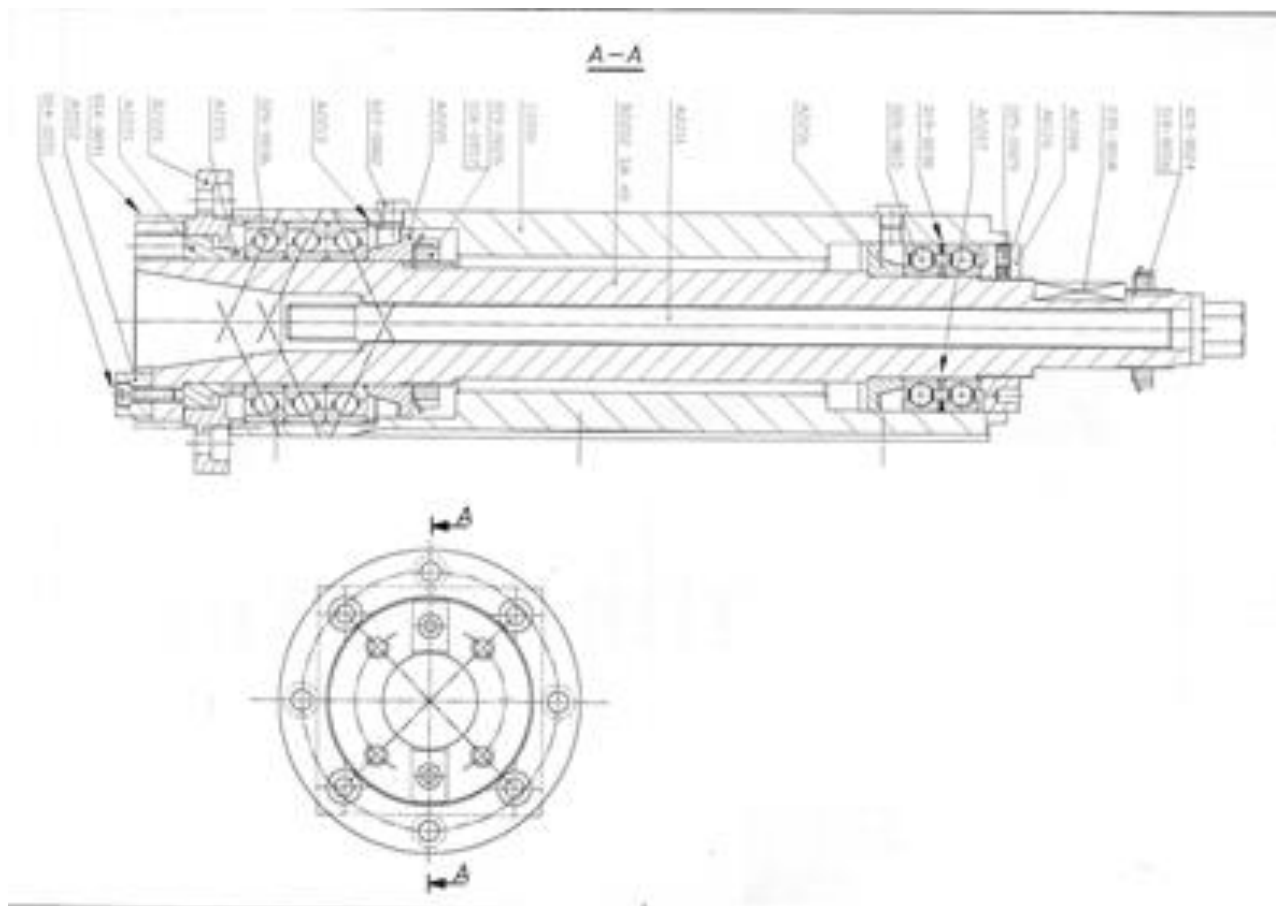
Este posto apresenta duas funções distintas na maquinação das bielas, são elas a furação de 8,5 mm e a furação inferior de 4,1 mm. Este exibe várias diferenças em relação aos postos anteriores, é composto por quatro unidades, duas horizontais e duas verticais.

Primeiro abordar-se-á as unidades horizontais, representadas na Figura 19, e que partem do mesmo princípio que as descritas nos postos anteriores tendo por isso um motor ligado ao *spindle* por uma correia, uma caixa de cames e um sensor de ferramenta partida, mas já não possui um anti vibratório porque no local onde este componente se localiza realiza-se a maquinação por parte das unidades verticais inferiores. Estas unidades também possuem unidade de avanço.

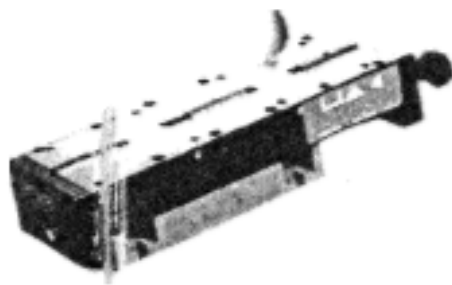


**Figura 18 - Desenho técnico do *Spindle***

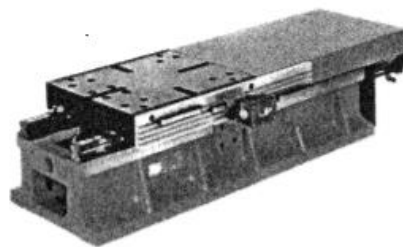
As unidades verticais, representadas na Figura 20 são de um modelo diferente e possuem um *spindle* de um formato diferente que impede as limalhas criadas na maquinação de entrarem na unidade. Têm uma caixa de cames e duas unidades de avanço, uma que faz o avanço horizontal, representada na Figura 21, igual às utilizadas nos outros postos e uma outra que faz o avanço vertical, representada na Figura 22, que controla a velocidade de avanço da ferramenta na maquinação, este modelo de unidade de avanço só é utilizado neste posto. As unidades verticais não possuem sensor de ferramenta partida pois estes sensores só podem ser montados na horizontal. Assim como as unidades horizontais, as verticais também possuem caixa de cames.



**Figura 19 - Desenho técnico do *Spindle***



**Figura 20 - Unidade de avanço horizontal**



**Figura 21 - Unidade de avanço vertical**

### 6.2.5 Posto 5

O posto 5 é idêntico ao posto 4, tendo ambos quatro unidades. As horizontais são responsáveis pela mandrilagem do furo do RAI e as verticais pela furação superiores de 4,1 mm.

As unidades horizontais são do mesmo modelo das unidades utilizadas no posto 3 sendo que só a velocidade de rotação do motor e o tamanho das polias é que difere. Neste caso o *spindle* trabalha a uma velocidade de rotação inferior. Estas assim como todas as anteriores também possuem uma caixa de cames mas não possuem unidade de avanço pois é o próprio *spindle* que atuado pneumáticamente avança e recua. As unidades não possuem sensor de ferramenta partida porque o sensor estaria colocado onde as unidades verticais realizam a maquinação.

As unidades verticais superiores, representadas na Figura 23, são do mesmo modelo das verticais inferiores utilizadas no posto 4, sendo que variam na proteção da entrada de limalhas pois como as unidades operam superiormente ao prato não existe o perigo de as limalhas entrarem na unidade.

Tal como o posto anterior, também este apresenta quatro unidades, mas possui anti vibratórios pois as unidades verticais são superiores.

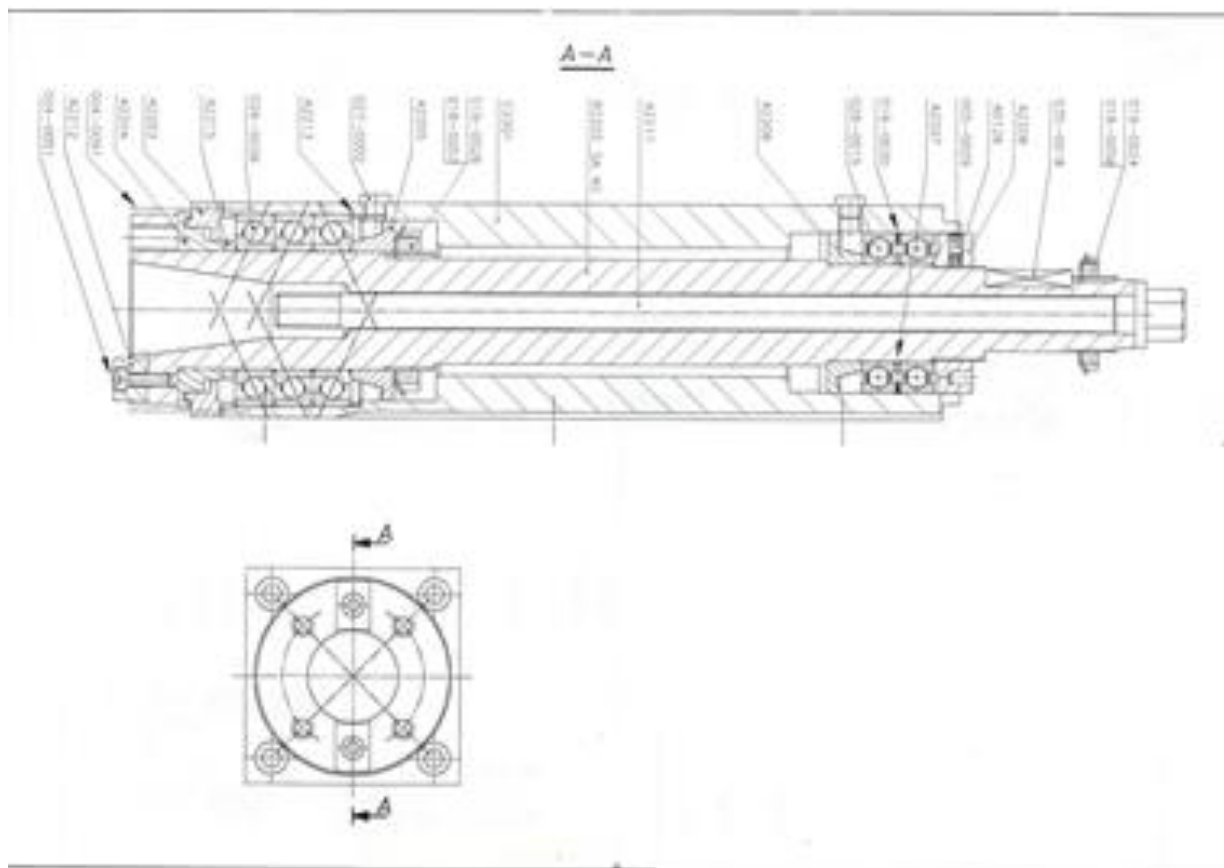


Figura 22 - Desenho técnico do *Spindle*

### 6.2.6 Posto 6

Neste posto dá-se a descarga das bielas da máquina por isso é só constituído por um cilindro que retira as bielas indexadas do prato divisor, um transportador que é composto por uma chapa quinada que conduz as bielas ao cesto de recolha e dois sensores indutivos para detetar a presença das bielas no prato divisor.

### 6.2.7 Prato Divisor

O prato divisor, representado nas Figuras 24 e 25, não é considerado um posto de trabalho porque nele não se realiza qualquer tipo de maquinação, mas é um dos componentes mais importantes na máquina visto que é o responsável pelo correto posicionamento das bielas quando estas estão a ser maquinadas. O prato divisor é um componente hidráulico que ao subir roda e quando desce indexa, não permitindo qualquer movimento. O prato divisor é também constituído por vários sensores que indicam a sua posição.

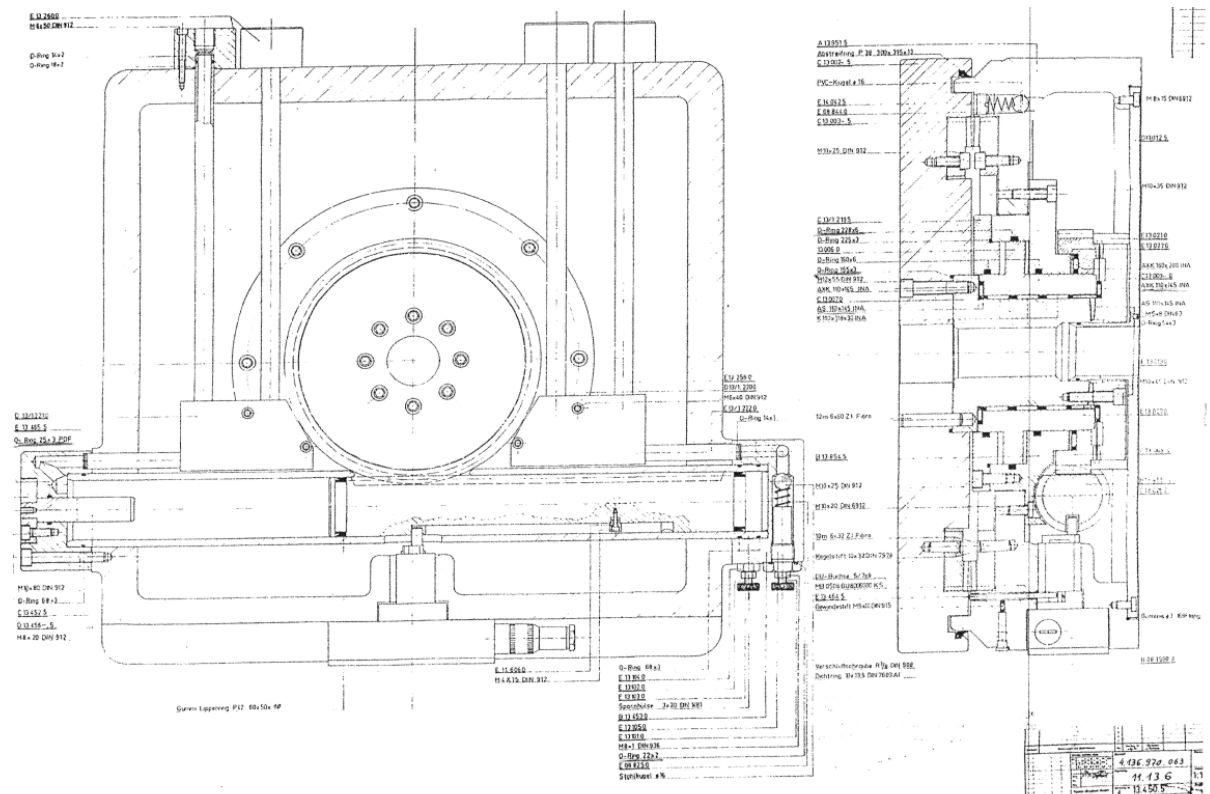


Figura 23 - Desenho técnico do prato divisor

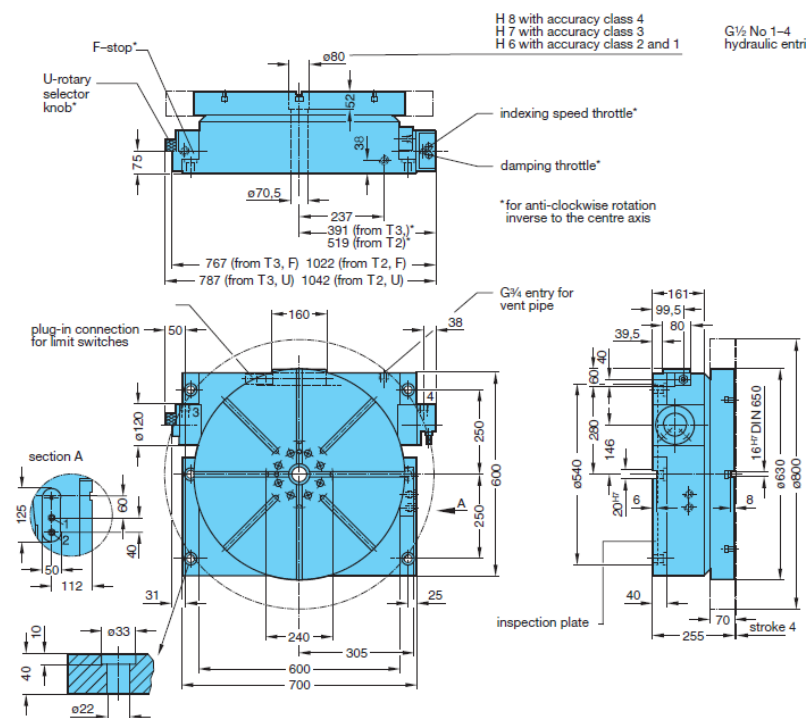


Figura 24 - Prato divisor, adaptado de Fibro

### **6.2.8 Sistema hidráulico, pneumático, de lubrificação e de emulsão**

Sendo esta uma máquina com componentes hidráulicos tem que ter um sistema hidráulico associado que é composto por várias bombas visto que existem diversos circuitos hidráulicos independentes com pressões de trabalho diferentes. Deste circuito também fazem parte várias válvulas divididas em válvulas quatro vias de três posições e válvulas quatro vias de duas posições.

O sistema pneumático é também composto por várias válvulas, todas elas de duas vias e duas posições, estando também está incorporado neste sistema uma unidade de tratamento de ar composto por um filtro e um lubrificador.

O sistema de lubrificação faz a lubrificação de todas as partes lubrificadas da máquina e é composto por um bomba, um depósito e três filtros.

O sistema de emulsão é responsável pelo transporte da emulsão, que é um fluido de corte, até ao local onde ocorrem os vários processos de maquinação. Este sistema é composto por duas bombas e um depósito.

### **6.2.9 Sistema de extração de limalhas**

Este sistema que a máquina possui, como o próprio nome indica, tem como função a extração de limalhas do interior da máquina para um reservatório exterior. Este sistema é composto por um filtro que retêm as limalhas à medida que a emulsão é bombeada de novo para o seu reservatório, um transportador magnético, representado na Figura 26, acoplado a um motor gera um campo magnético que vai atraindo as limalhas e conduzindo-as até ao reservatório exterior.

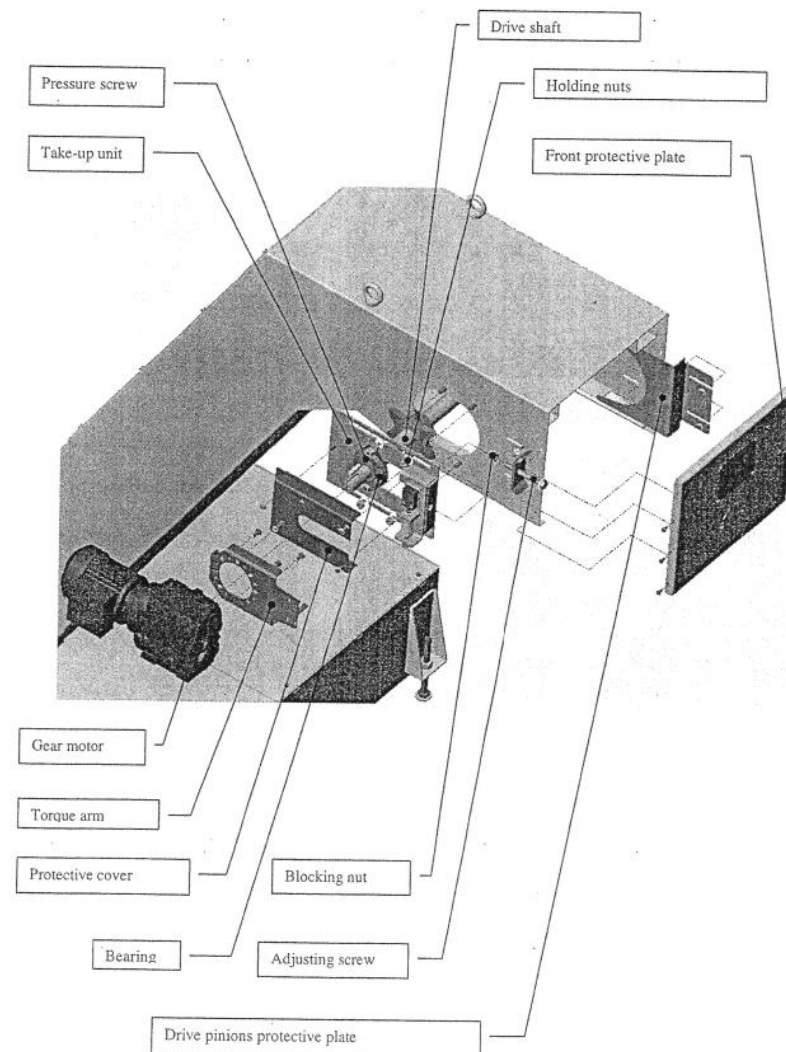


Figura 25 - Transportador magnético, adaptado de Sermeto

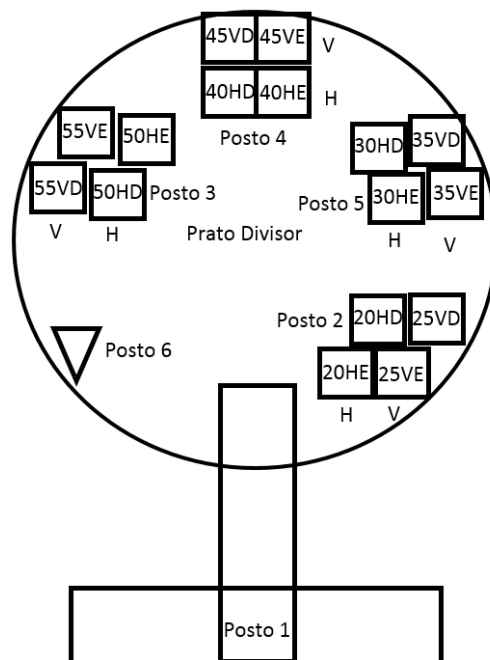
### 6.2.10 Segurança

O sistema de segurança da máquina é assegurado por nove sensores indutivos. Estes são acionados aquando da abertura de uma porta o que faz com que a máquina se desligue automaticamente.

## 6.3 Constituição da máquina 2

Como se pode verificar na Figura 27, a máquina 2 na sua constituição é bastante parecida com máquina 1.





**Figura 26 - Esquema da máquina 2**

Esta máquina também é dividida em seis postos sendo que o primeiro posto é o de carga e à exceção do sexto postos, todos são posto de maquinação. Nesta ao contrário do que aconteceu na máquina 1, todos os posto são sempre compostos por quatro unidades, porque à semelhança da máquina 1 por cada ciclo são maquinadas duas bielas. Ao contrário da máquina 1 em que o prato divisor roda para a esquerda, nesta máquina o prato divisor roda para a direita fazendo com que a numeração das unidades seja também feita da esquerda para a direita.

O posto 2 é composto por duas unidades horizontais designadas por 20 esquerda e 20 direita. Estas são responsáveis pelo facejamento e pelo chanfro do furo do RAI e por duas unidades verticais superiores designadas 25 esquerda e 25 direita, sendo responsáveis pela maquinação do picolete número 1.

O posto 3 também é composto por duas unidades horizontais designadas por 30 esquerda e 30 direita, responsáveis pelo pré-furo de 6,5 mm e por duas unidades verticais, que neste posto são inferiores são designadas por 35 esquerda e 35 direita e são responsáveis pela maquinação do picolete número 2.

O quarto posto tem duas unidades horizontais, chamadas de 40 esquerda e 40 direita, responsáveis pelo furo de 6,5 mm, enquanto as unidades verticais, que neste posto são superiores, são designadas de 45 esquerda e 45 direita, e são responsáveis pela maquinação do picolete número 3.

O penúltimo posto é constituído por duas unidades horizontais designadas por 50 esquerda e 50 direita, que são responsáveis pela mandrilagem do furo RAI e por duas unidades verticais, a 55 esquerda e a 55 direita, que fazem a maquinação do picolete número 4.

Por fim existe o posto 6 que desempenha a função de posto de descarga. Esta máquina assim como a anteriormente descrita também é constituída por cinco sistemas: o de lubrificação, o pneumático, o hidráulico, o de emulsão e o de extração das limalhas. Por

último sobram dois componentes que apesar de não serem nem sistema nem postos são bastante importante, trata-se do prato divisor e da segurança.

### 6.3.1 Posto 1

O posto 1, como foi dito anteriormente, é o posto onde se dá carga das bielas no prato divisor, sendo composto por um manipulador direito e um esquerdo, que são iguais, e por um carro.

Cada um dos manipuladores é composto por uma pinça que coloca as bielas no carro, a pinça é o único componente diferente dos componentes do posto 1 da máquina 1, sendo o posto também constituído por três cilindros pneumáticos, um responsável pela abertura da pinça, outro responsável pela deslocação vertical desta e o último responsável pela descarga dos tabuleiros de bielas vazios.

Os manipuladores também têm cada um, uma calha porta cabos para a passagem de cabos para os sensores e uma correia dentada para fazer a transmissão de movimento entre o motor posicionador e a pinça. O motor apesar de ter a mesma função que o motor da máquina 1 é de uma marca diferente e tem algumas características também diferentes. Cada manipulador tem uma guia linear onde a pinça fica apoiada e onde se dá o movimento horizontal desta. O posto tem ainda várias caixas de cames que servem para saber a posição da pinça ao longo da guia linear.

Ainda neste posto existe um carro que a cada ciclo é carregado com duas bielas, uma direita e uma esquerda, sendo estas carregadas pelo manipulador esquerdo e direito respetivamente. O carro é composto por duas guias lineares que o guiam até ao prato divisor, três cilindros pneumáticos, dois responsáveis pela elevação deste quando se indexa as bielas no prato divisor e um responsável pela deslocação horizontal do carro. O posto também tem uma calha porta cabos que se destina a alojar os cabos de ligação aos vários sensores existentes. Por fim, existe um amortecedor para amortecer a paragem do carro, na posição de carga das bielas.

### 6.3.2 Posto 2

O posto 2 é composto por duas unidades horizontais, que são responsáveis pelo facejamento e pelo chanfro do furo do RAI e duas unidades verticais responsáveis pela maquinação do picoete 1.

As unidades horizontais têm o mesmo princípio de funcionamento das unidades da máquina 1, pois são do mesmo modelo das unidades utilizadas no posto 2 dessa máquina, mas utilizam um motor com potência e velocidade de rotação diferentes, utilizando também polias de tamanhos diferentes. As unidades horizontais estão sobre uma unidade de avanço, sendo

As unidades verticais são de uma marca diferente das horizontais, mas são da mesma marca e modelo das utilizadas no posto 5 da máquina 1, como demonstra a Figura 28. As unidades verticais também estão sobre uma unidade de avanço que trabalha verticalmente à biela, esta unidade de avanço é da mesma marca da unidade utilizada nas unidades horizontais, mas de um modelo diferente.



The technical drawing shows two views of the valve assembly:

- Side View (Left):** Shows the profile of the valve body. Dimensions include a total height of 90 mm, a base thickness of 14 mm, a central section height of 50 mm, and a mounting flange width of 120 mm. The mounting holes are spaced at 12 mm intervals.
- Front View (Right):** Shows the top-down view of the valve body. Key dimensions include a total width of 100 mm, a central opening diameter of  $\phi 6.6[2 \times]$ , and a mounting flange diameter of  $\phi 10$ . The distance between mounting holes is 25 mm, and the distance from the center to the mounting hole is 8 mm. The overall length of the valve body is 88 mm, and the distance between the two main ports is 40 mm.

**Figura 28 - Desenho técnico de caixa de cames**

### 6.3.3 Posto 3

Este posto possui duas unidades horizontais responsáveis pelo pré-furo de 6,5 mm e as duas unidades verticais responsáveis pela maquinação do picolete 2.

As unidades horizontais são iguais às horizontais do posto anterior, exceto nos tamanhos das polias, pois neste caso quer a polia movida quer a polia motora têm tamanhos iguais. A unidade de avanço das unidades horizontais é igual à unidade de avanço das unidades verticais do posto anterior.

As duas unidades verticais, representadas na Figura 30, são de dimensões inferiores e são de um modelo diferente das do posto anterior, mas são iguais às unidades verticais utilizadas no 4º posto da máquina 1. O motor utilizado tem a mesma velocidade de rotação, mas tem uma menor potência, que o motor utilizado no posto 4 da máquina 1. A unidade de avanço utilizada é de um modelo diferente da unidade de avanço utilizada nas unidades horizontais deste posto, mas é do mesmo modelo utilizado nas unidades horizontais do posto anterior.

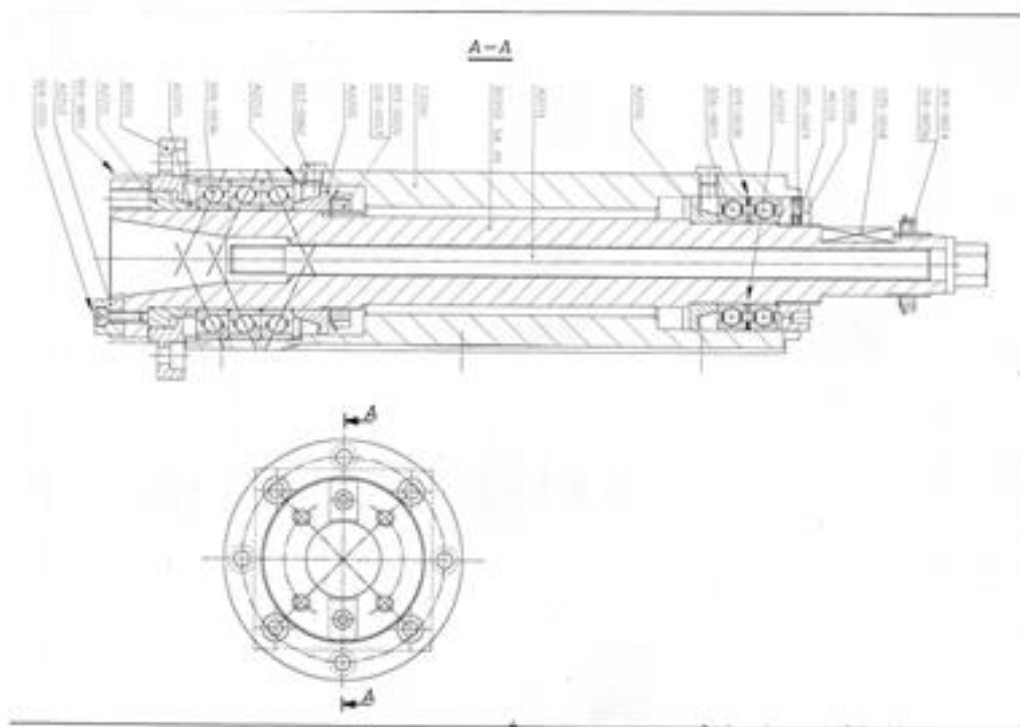


Figura 29 - Desenho técnico do *Spindle*

Este posto utiliza caixas de cames quer nas unidades verticais quer nas unidades horizontais, que são iguais entre si e também são compatíveis com as do posto anterior. Este posto não possui anti vibratórios pois as unidades verticais são inferiores e não possibilitam a sua utilização. As unidades horizontais possuem sensor de ferramenta partida.

### 6.3.4 Posto 4

Este posto à semelhança dos anteriores, também é constituído por duas unidades horizontais responsáveis pela furação do furo de 6,5 mm e duas unidades verticais inferiores responsáveis pela maquinação do picolete número 3.

As unidades horizontais são iguais às horizontais utilizadas no posto anteriormente mencionado, sendo que o tamanho da polia e a unidade de avanço são as únicas diferenças encontradas.

As unidades verticais são iguais às apresentadas no posto 3, neste caso as polias também são da mesma dimensão.

As caixas de cames, representadas na Figura 31, e o sensor de ferramenta partida também são iguais aos utilizados no posto 3, mas como neste posto as unidades verticais são inferiores, não existem anti vibratórios.

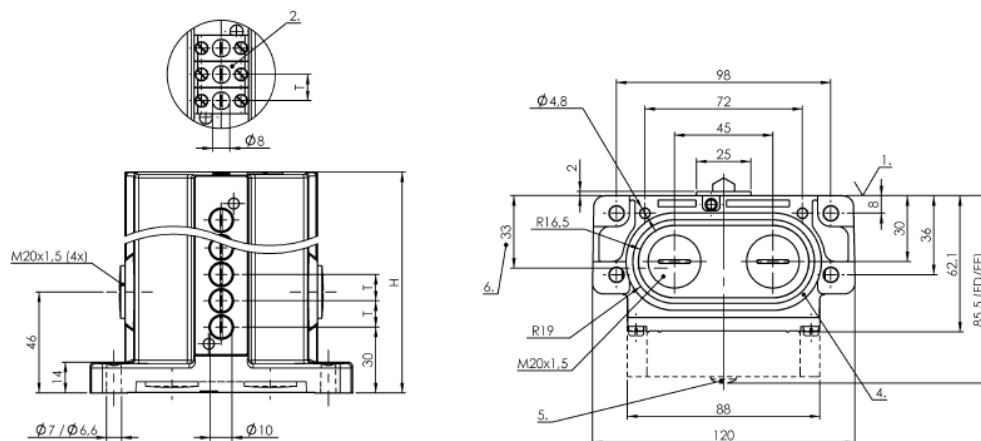


Figura 30 - Desenho técnico da caixa de cames

### 6.3.5 Posto 5

Este posto como todos os outros postos desta máquina também é constituído por duas unidades horizontais que realizam a mandrilagem do furo de 6,5 mm e por duas unidades verticais que fazem a maquinação do picolete número 4.

As unidades horizontais são iguais às do posto anterior só diferindo entre si o tamanho da polia movida.

As unidades verticais são iguais às unidades verticais utilizadas no posto 2.

As caixas de cames e o sensor de ferramenta partida são iguais às do posto 4, existindo uma diferença, este posto possui anti vibratório porque as unidades verticais são superiores.

### 6.3.6 Posto 6

Este posto é onde se dá a descarga das bielas da máquina, por isso é composto por um cilindro que retira as bielas indexadas no prato divisor, um transportador que é composto por uma chapa quinada que conduz as bielas ao cesto de recolha e dois sensores indutivos para

detetar a presença das bielas no prato divisor. O funcionamento e os componentes deste posto são iguais aos do posto 6 da máquina 1.

### 6.3.7 Prato Divisor

O prato divisor, representado na Figura 32, já não é considerado um posto porque nele não se realiza qualquer tipo de maquinação, mas é um dos componentes mais importantes na máquina visto que é o responsável pelo correto posicionamento das bielas quando estão a ser maquinadas. O prato divisor é um componente hidráulico que ao subir roda e quando desce indexa para não permitir qualquer movimento. O prato divisor utilizado nesta máquina é bastante similar ao utilizado na máquina 1. Estes são de modelos diferentes, diferindo apenas nas dimensões pois o prato divisor desta máquina é maior e roda em sentido oposto ao da máquina 1.

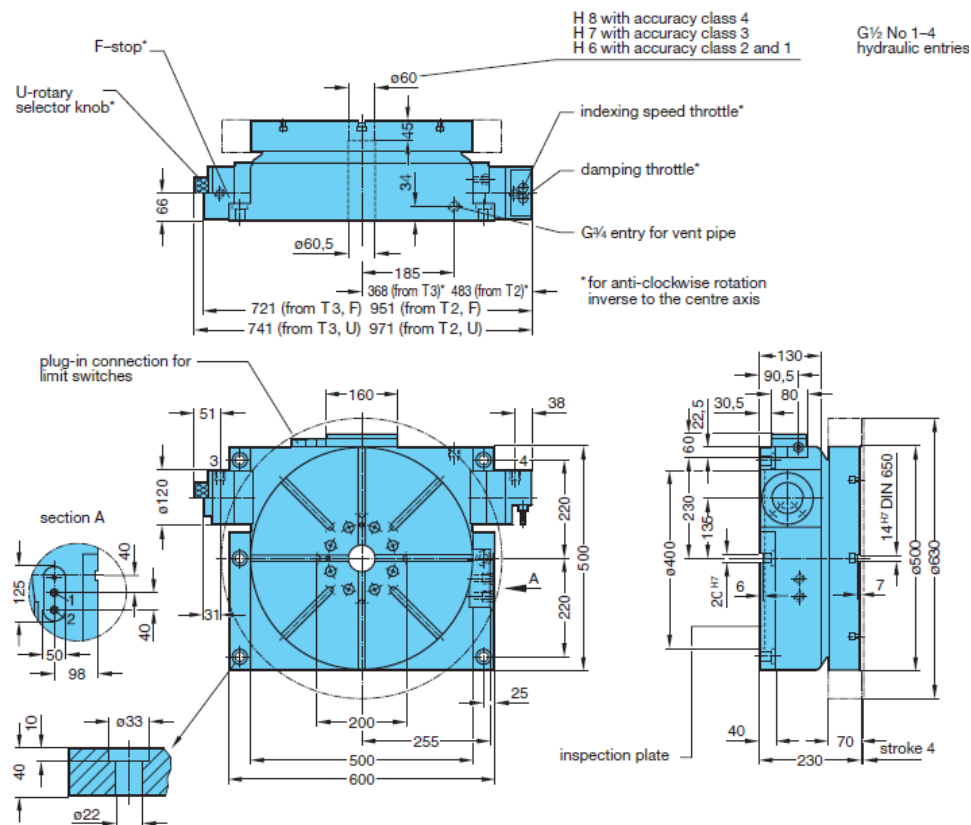


Figura 31 - Prato divisor, adaptado de Fibro

### 6.3.8 Sistema hidráulico, pneumático, de lubrificação e de emulsão

Estes três sistemas têm as mesmas funções e componentes que os apresentados na máquina 1, sendo que existem componentes que são da mesma marca nas duas máquinas e por isso são

intermutáveis, mas também existem componentes que apesar de realizarem as mesmas funções são de marcas diferentes.

### 6.3.9 Sistema de extração de limalhas

Este sistema também possui os mesmo componentes que os apresentados na máquina 1, mas estes são de marcas diferentes o que impossibilita a troca de peças entre as duas máquinas mo que diz respeito a estes sistemas.

### 6.3.10 Segurança

Esta máquina é constituída por sete sensores indutivos, que ao serem acionados aquando da abertura de uma porta o que faz com que a máquina se desligue automaticamente. Apesar do funcionamento destes sensores ser igual aos da máquina 1, são de uma marca diferente.

## 6.4 Constituição da máquina 3

Como se pode verificar na Figura 33 esta máquina é bastante diferente das máquinas anteriormente apresentadas.

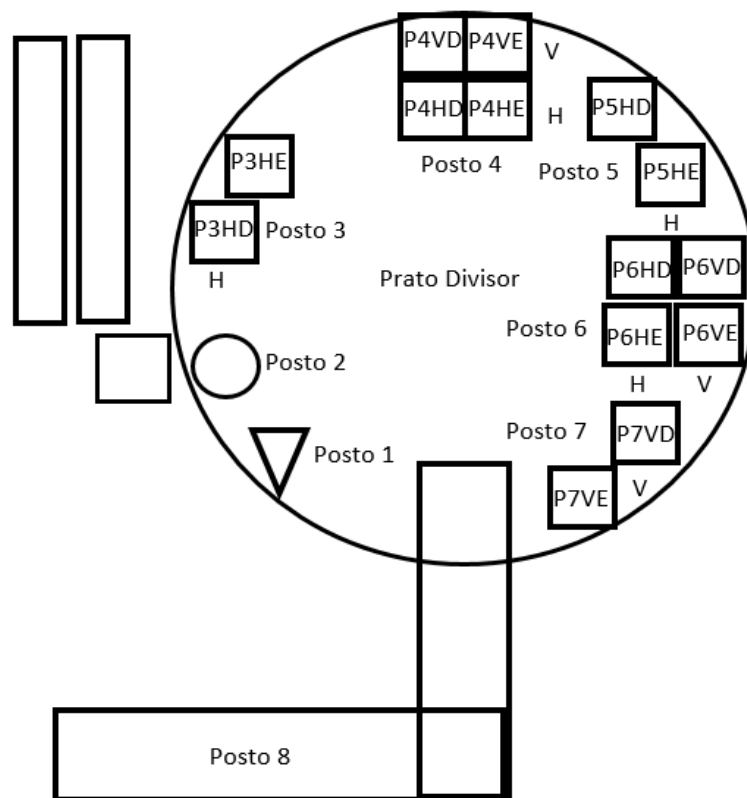


Figura 32 - Esquema da máquina 3

Em oposição às máquinas apresentadas anteriormente esta máquina tem oito postos sendo que só cinco destes postos se destinam à maquinação.

O posto 1 é composto só pelo manipulador que transporta as bielas brutas até a um robot.

O posto 2 é o robot em si que retira as bielas do manipulador e as coloca no prato divisor.

Neste posto dá-se a indexação no prato divisor e atuação do único anti vibratório existente na máquina.

O 3º posto é composto por duas unidades horizontais responsáveis pelo facejamento e o chanfro do furo do RAI.

O posto 4 é composto por quatro unidades, duas horizontais responsáveis pela furação de 6,5 mm e duas verticais superiores responsáveis pela maquinação do picolete número 1.

O posto 5 é só composto por duas unidades verticais inferiores que realizam a maquinação do picolete número 2.

O posto 6, assim como o posto 4, é composto por quatro unidades duas horizontais responsáveis pela furação do RAI e as duas unidades verticais superiores que são responsáveis pela maquinação do picolete número 3.

O posto 7 é composto por duas unidades verticais inferiores que são responsáveis pela maquinação do picolete número 4. Este posto é igual ao posto 5.

Por último o 8º posto é o posto de descarga. Esta máquina é constituída unicamente por mais dois sistemas, o sistema de emulsão e o sistema pneumático, pois trata-se de uma máquina puramente pneumática. Esta máquina também tem dois componentes que apesar de não fazerem parte nem dos postos nem dos sistemas são bastante importantes, trata-se do prato divisor e da segurança.

#### **6.4.1 Posto 1**

No posto 1, dá-se a cargas das bielas no manipulador, ou seja, as bielas são colocadas em duas correias que chegam ao robot puxadas cada uma por um motor.

#### **6.4.2 Posto 2**

Este posto é só constituído pelo robot, responsável pela colocação das bielas no prato divisor.

O robot é constituído, como mostra a Figura 34, por uma base, um ombro, um braço, um cotovelo, um antebraço, um pulso e uma pinça. Neste posto também está integrado a indexação do prato divisor, que nesta máquina não é integrada no prato divisor e o sistema anti vibratório que é único para todos os postos, estes dois componentes apesar de estarem localizados neste posto fazem parte do prato divisor e serão abordados nesse subcapítulo.



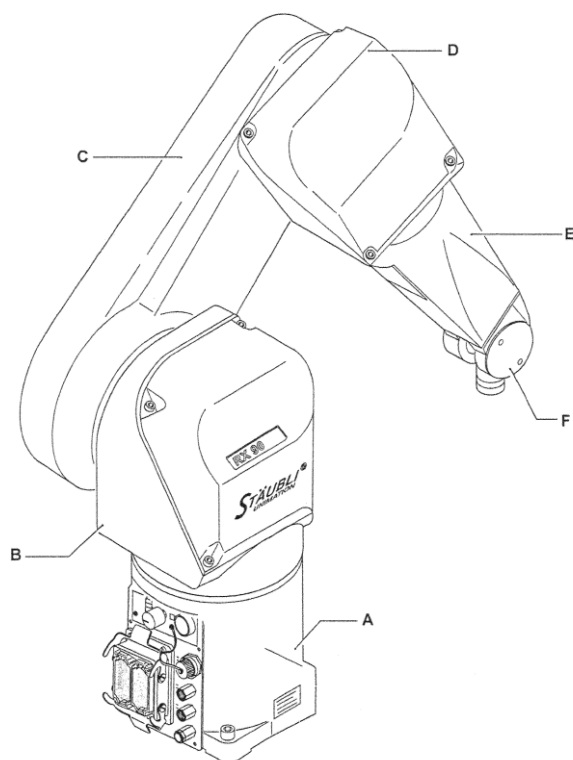


Figura 33 - Robot de carga

### 6.4.3 Posto3

Neste posto existem duas unidades horizontais responsáveis pelo facejamento e chanfro no furo do RAI. As unidades desta máquina são todas da mesma marca e do mesmo modelo, só diferindo no número de rolamentos que possuem no veio de transmissão, podendo ser de dois ou três rolamentos consoante a exigência da operação que realizam. As unidades utilizadas nesta máquina são de uma marca diferente das utilizadas nas máquinas anteriormente apresentadas. O princípio de funcionamento destas é parecido com o das unidades das outras máquinas, pois possuem um motor que, neste caso, está ligado a um redutor, a transmissão entre o redutor e o veio onde o porta-ferramentas está acoplado é feita através de correias. Estas unidades possuem um travão designado amortecedor e dois sensores indutivos porque é o próprio *spindle* que avança, não existindo unidades de avanço como na máquina anteriormente apresentada, por essa razão não tem caixa de cames. Nesta máquina não existem sensores de ferramenta partida em nenhum dos postos. Neste posto as unidades utilizadas, como mostra a Figura 35, têm três rolamentos.

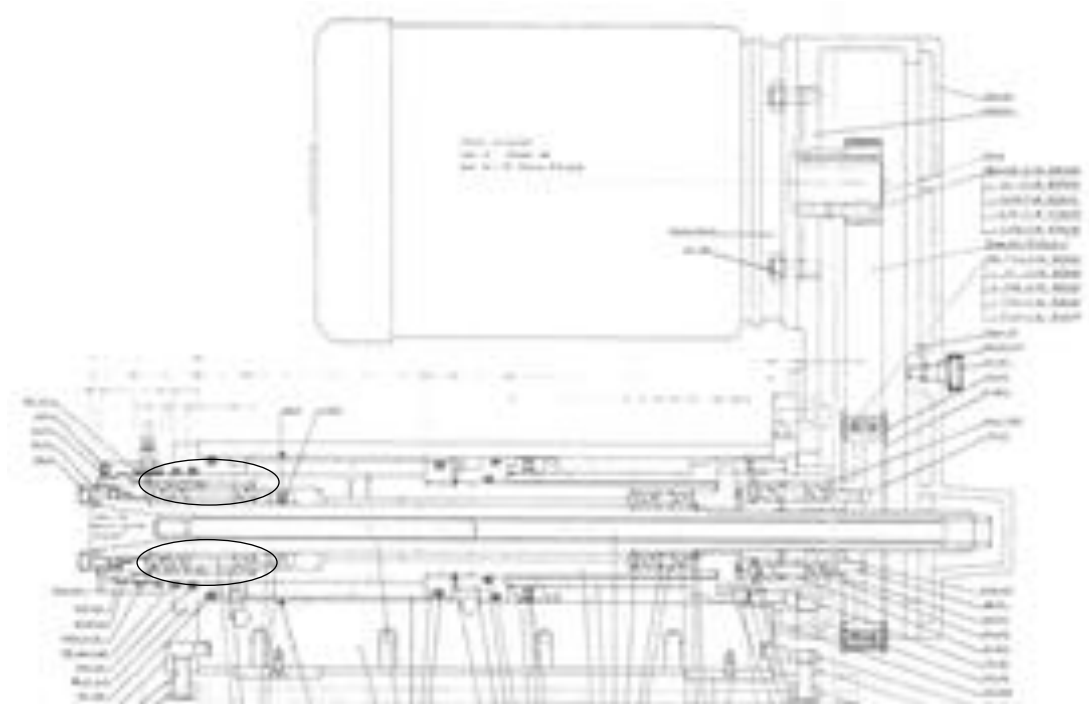


Figura 34 - Unidade com três rolamentos

#### 6.4.4 Posto 4

Este posto é constituído por quatro unidades. As duas unidades horizontais são responsáveis pela furação de 6.5 mm e só utilizam dois rolamentos, como mostra a Figura 36.

As duas unidades verticais, que são superiores, são responsáveis pela maquinação do picolete número 1 e são unidades de três rolamentos.

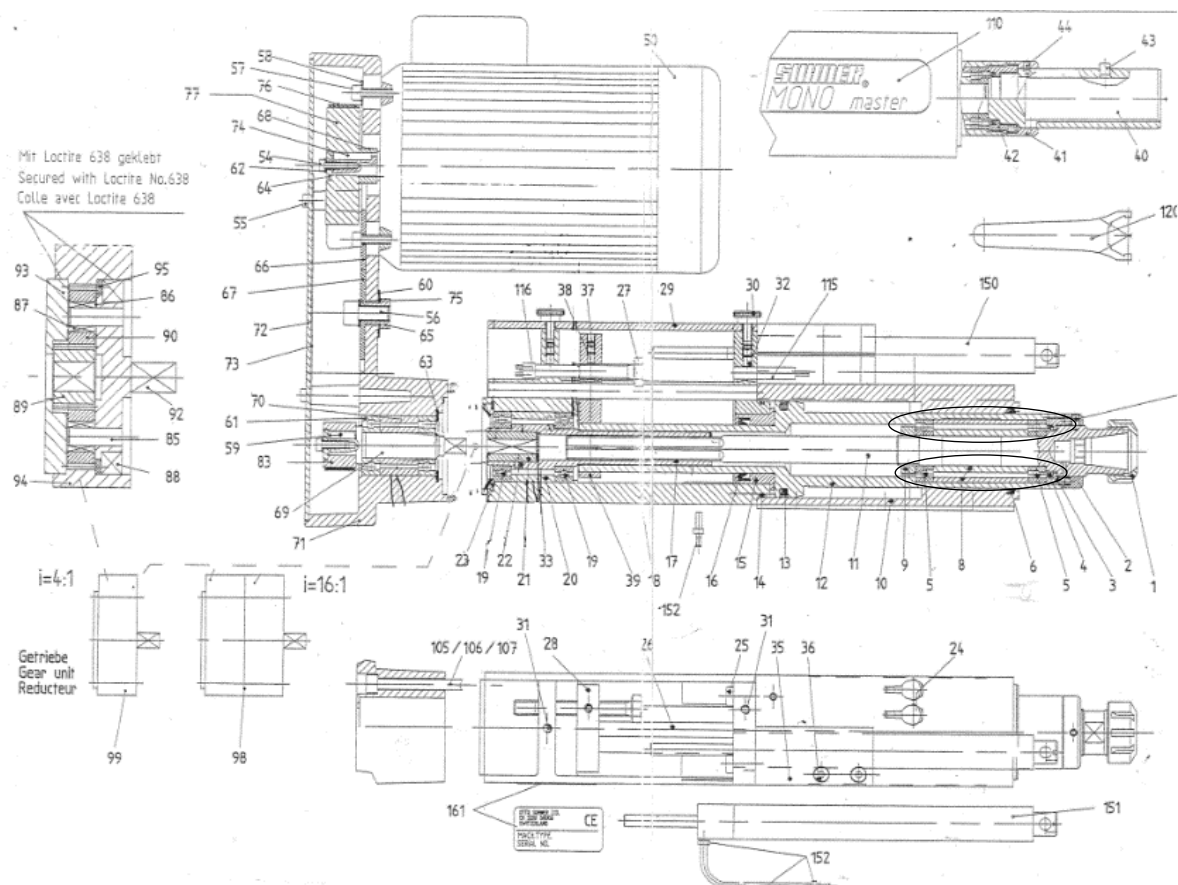


Figura 35 - Unidade com dois rolamentos

### 6.4.5 Posto 5

Este posto é constituído por duas unidades verticais inferiores, que são responsáveis pela maquinação do picolete número 2, as unidades deste posto são iguais às unidades verticais do posto anterior.

### 6.4.6 Posto 6

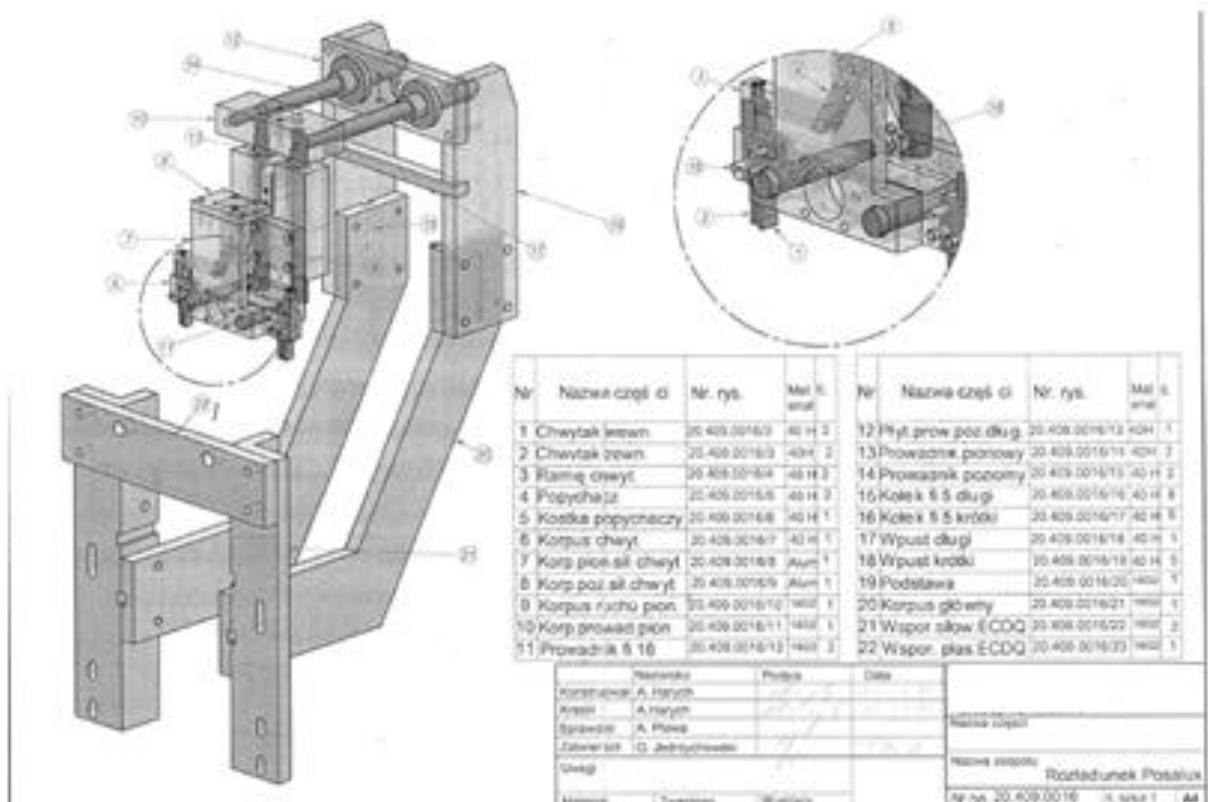
Este posto é composto por quatro unidades, duas horizontais responsáveis pela mandrilagem do furo de 6,5mm e duas verticais superiores responsáveis pela maquinação do picolete número 3. Este posto é igual ao posto 4.

### 6.4.7 Posto 7

O posto 7 é composto por duas unidades verticais inferiores que são responsáveis pela maquinação do picolete número 4. Este posto é igual ao posto 5.

### 6.4.8 Posto 8

O posto 8 é o posto de descarga, como demonstra a Figura 37, é composto por duas pinças que agarram cada uma, uma biela e por três cilindros que fazem os movimentos das pinças. As bielas são depois colocadas num transportador, feito de chapa quinada, que as conduz até uma corrente de metal que por sua vez as leva até ao contentor.



**Figura 36 - Componentes do posto de descarga**

### 6.4.9 Prato divisor

O prato divisor utilizado nesta máquina, representado na Figura 38, é bastante diferente dos utilizados nas máquinas anteriores, desde já, porque este prato divisor é pneumático. O prato divisor roda em cima de uma luva de ar que possibilita a rotação do mesmo com a ajuda de um motor que tem um redutor acoplado. Para saber a posição do prato para além de vários sensores existe também uma caixa de cames. Para libertar o ar da luva este prato divisor tem um libertador de pressão que é constituído por vários rolamentos e cilindros que ajudam também na indexação do prato divisor, assinalado com o número 3 na Figura 98. Para a correta indexação do prato divisor existe a indexação, representada na figura 41, que é composta por dois cilindros que fixam o prato divisor e também por vários sensores. Por último existe o anti vibratório, representado na Figura 40, que é composto por dois cilindros, que minimizam as vibrações que ocorrem durante a maquinação das bielas.

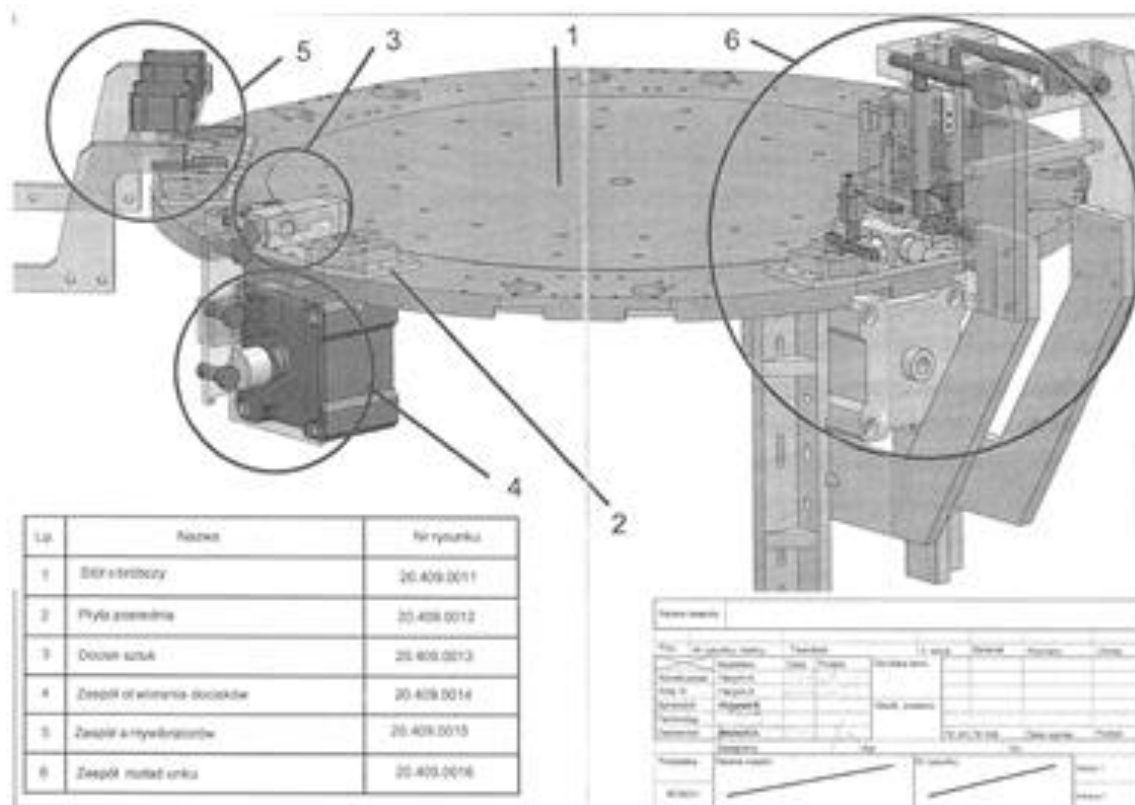


Figura 37 - Prato divisor

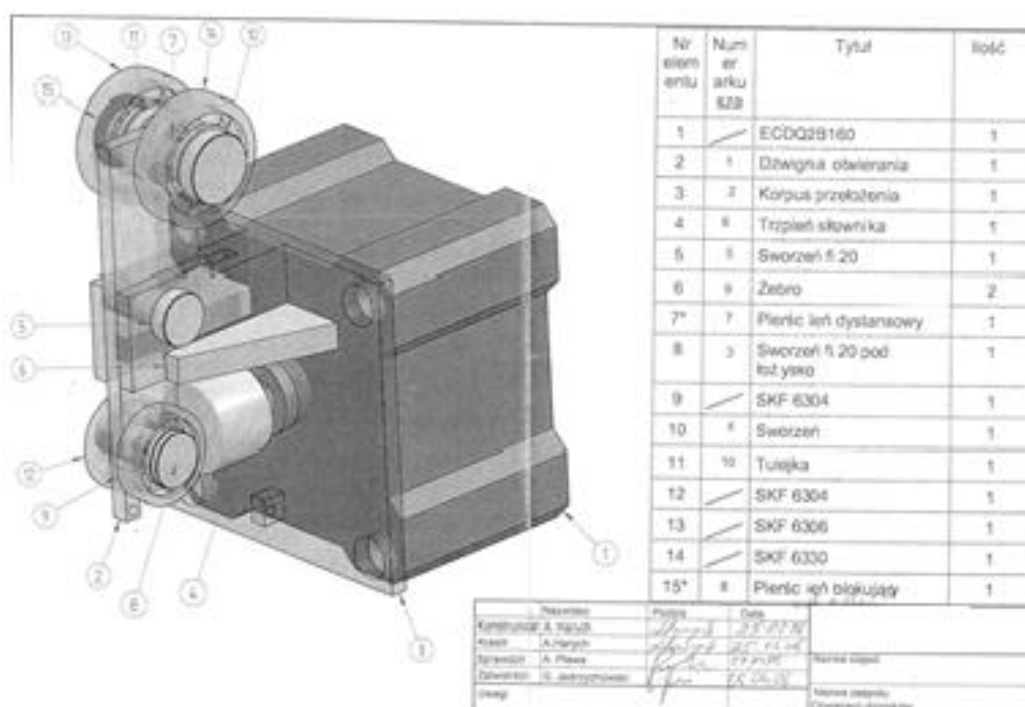


Figura 38 - Indexação

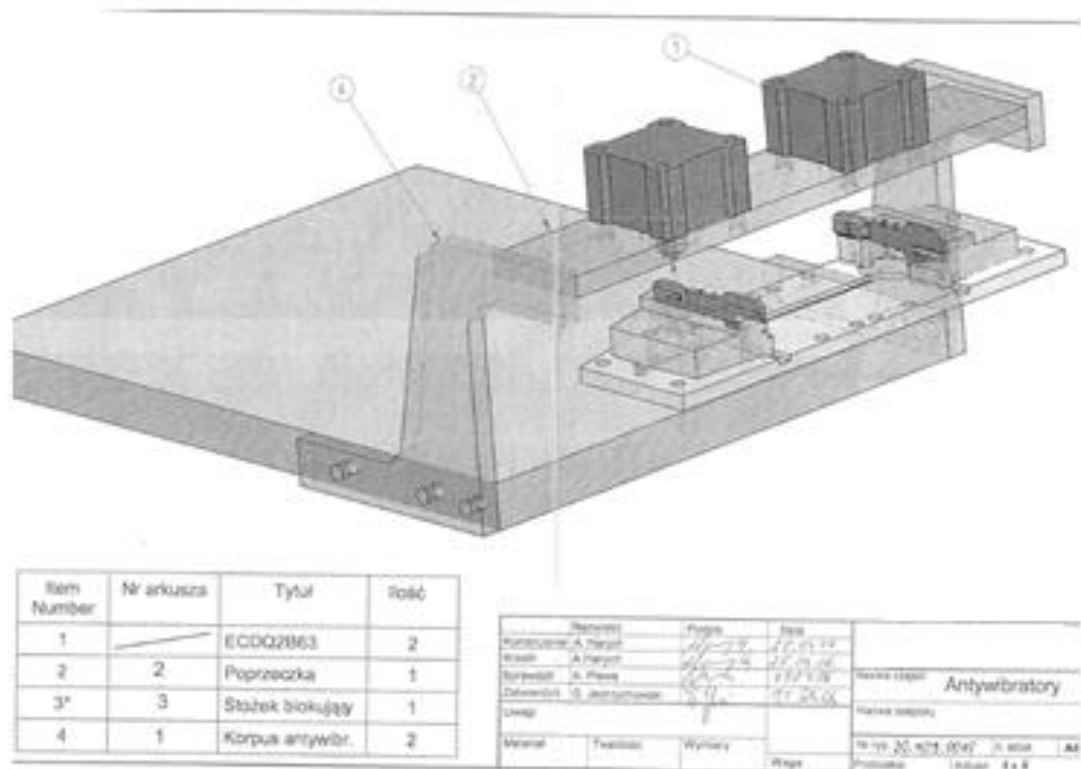


Figura 39 - Anti vibratório

#### 6.4.10 Sistema pneumático e de emulsão

Esta máquina dispõe de dois sistemas, um pneumático e um de emulsão, pois não possui componentes hidráulicos, o que dispensa a necessidade de um sistema hidráulico. Todas as limalhas produzidas nos processos de maquinação caem para um reservatório que existe debaixo da máquina e que é limpa de acordo com a programação da manutenção TPM. Este método faz com que não seja necessário a existência de um sistema de extração de limalhas.

O sistema pneumático, assim como o das outras máquinas, é composto por varias válvulas, dois filtros e um lubrificador, todos estes componentes são de modelos diferentes dos utilizados nas máquinas anteriormente apresentadas.

O sistema de emulsão neste caso consiste num reservatório externo à máquina da qual é bombada a emulsão e depois distribuída, existindo outra bomba para fazer o retorno da emulsão, depois destas terem passado por um filtro que separa as limalhas da emulsão.

#### 6.4.11 Segurança

Esta máquina é constituída por quatro sensores indutivos, que são acionados aquando da abertura de uma porta o que faz com que a máquina se desligue automaticamente. Apesar do

funcionamento destes sensores ser igual aos da máquina 1 e de serem da mesma marca, são de modelos diferentes.



## 6.5 Rastreabilidade das máquinas

Após a compilação de todos os dados anteriormente apresentados e com a mesma base de dados, procedeu-se à realização de um estudo de rastreabilidade das avarias de cada uma das máquinas de acordo com a separação por postos e sistemas anteriormente apresentados.

Para a realização deste estudo, feito semanalmente, retirava-se do CMMS, Computerized Maintenance Management System, as intervenções realizadas nas três máquinas durante a semana anterior, de segunda a domingo

Lista de obras: Fechada Tecnicamente

Pedido/Afect./Obra	Data	Localização	Entidade	Oficina	Preparação	Descrição
HD 97296	21-05-2018	BAUP3MQ01MMQ2 - Fourneyron	CMQ02 - Fourneyron1	OM	ANALIS01/1	unidade p2t2com folga, avariada.
Analisar, não foi detectado qualquer folga. Correia larga. Ajustar. A máquina foi entregue à produção para testar.						

Pessoal	Empregado	Horas	Escalão	Valor
21-05-2018 15:15	9030 Técnico Temporario Técnico Industrial Manutenção	00:45	Hora normal	0,00
Total:				0,00

Figura 40 - Lista de intervenções retirada do CMMS

Como demonstra a Figura anterior, as obras impressas eram as que se encontravam fechadas tecnicamente, ou seja, eram todas as obras que tinham sido abertas pelos técnicos, o que indica que estes se tinham deslocado ao local da avaria, e tenham sido fechadas pelos mesmos técnicos, o que indica que a avaria tenha sido por eles solucionada.

A folha impressa do sistema como mostra a Figura 40, é constituída por diversos campos: número do pedido, que está assinalado a amarelo, o que facilita a procura no caso de se procurar uma avaria em específico; assinalada a vermelho encontra-se a data da emissão do pedido de manutenção por parte da produção; a localização da máquina que está avariada encontra-se assinalada a verde e indica aos técnicos para qual máquina foi realizado o pedido de manutenção; depois encontra-se a entidade que é uma extensão da localização e está assinalada a azul. A oficina, que está assinalada a cor cinzenta mostra o tipo de intervenção realizada, se foi de manutenção preventiva ou manutenção corretiva; a preparação, que está assinalada a lilás serve para identificar quem pediu a manutenção, neste caso não tem importância para o processo. A primeira linha da descrição, que está assinalada a rosa contém o pedido de manutenção da produção com as especificações da avaria, as restantes linhas, assinaladas a castanho são as tarefas realizadas pelos técnicos da manutenção para a resolução da avaria. A data assinalada a violeta é a data e hora de quando os técnicos da manutenção abriram o pedido, ou seja, de quando estes foram efetivamente à máquina para resolver a avaria, no campo do empregado, que está assinalado a verde-claro, indica-se quem foi o técnico a realizar a operação de manutenção. O campo das horas assinalado a azul claro, indica quanto tempo demorou esta mesma operação de manutenção. Por último é mostrado o



escalão, que está assinalado a laranja, e indica o valor, que neste caso não tem relevância, a ser pago ao técnico caso este fosse externo.

Depois de se obterem estas folhas com as descrições das obras, que são impressas diretamente do programa CMMS, introduzia-se esta informação nas folhas de cálculo apresentadas na Figura seguinte.

CHASSIS BRAKES INTERNATIONAL				Processo	Posto	Componente	Descrição	Numero do pedido	Box	Causa do Avaria
Equipamento Chassis	Posto 1	Manipulador Esquerdo	Pinça							
			Cilindro							
			Calha porta-cabos articulada							
			Correia							
			Sensores							
		Manipulador Direito	Cames							
			Amortecedor							
			Posicionador							
			Guias							
			Cilindro							
Posto 2	Carro	Calha porta-cabos articulada								
		Correia								
		Sensores								
		Cames								
		Amortecedor								
	Posto 2 H21 (T1) (D)	Posicionador								
		Guias								
		Cilindro								
		Amortecedor Hidráulico								
		Calha porta-cabos articulada								
Posto 3	Posto 2 H22 (T1) (E)	Sensores								
		Motor								
		Tambor								
		Spindle								
		Caixa de cames								
	Posto 2 H22 (T1)	Unidade de vigaço								
		Posto 2 H Anti-Vibratório								
		Motor								
		Tambor								
		Spindle								
Posto 3 H31 (D1) (T1)	Unidade de vigaço									
	Anti-Vibratório									
	Suador da ferramenta partida									
	Motor									
	Tambor									
Posto 3 H32 (E1) (T1)	Posto 3 H Anti-Vibratório									
	Spindle									
	Motor									
	Tambor									
	Spindle									
Posto 3 H32 (E1) (T1)	Anti-Vibratório									
	Caixa de cames									
	Posto 3 H32 (T1)									
	Posto 3 H32 (T1)									
	Posto 3 H32 (T1)									

[illegible]

### Tabela 1 - Tabela de introdução de dados no Excel

Na Tabela 1 pode ver-se que as quatro primeiras colunas são iguais ao ficheiro onde consta toda informação referente às máquinas. Nas duas primeiras linhas, assinaladas a amarelo, coloca-se o número de dias e de turnos por dia que a máquina em questão trabalhou. Nessa mesma coluna à frente do componente que teve a avaria, assinalada a azul, coloca-se o número da avaria, colocando-se na coluna assinalada a verde a data com as horas em que a obra foi aberta. Na coluna seguinte assinalada a vermelho, coloca-se a descrição da avaria dada pela produção. Na coluna assinalada a lilás coloca-se a descrição das tarefas realizadas pelo técnico da manutenção, e na coluna seguinte, assinalada a cinzento, coloca-se o tempo que a intervenção demorou, na mesma escala que consta nas folhas de obra, a penúltima coluna, assinalada a preto, serve para converter o tempo da tarefa de manutenção para minutos e a última coluna, assinalada a branco, serve para se colocar o tempo desde que o pedido de manutenção foi feito pela produção até que este foi fechado pela manutenção. Este campo serve para que se futuramente seja necessário calcular o tempo de reação da manutenção, os dados já estejam colocados, esta coluna não é necessária preencher porque o cálculo do tempo de reação da manutenção não é pedido no procedimento interno da Chassis Brakes Internacional.

Com os dados da folha anterior efetuou-se uma tabela, representada pela Tabela 2, noutra folha de cálculo do MS Excel, que calcula, por posto, o número de avaria, pois conta todas as células das colunas do número de avaria, que estão ocupadas.

Na coluna seguinte calcula-se a incidência das avarias em cada posto através da fórmula (3)

$$\frac{\text{número de avarias no posto}}{\sum \text{avaría da máquina}}, \quad [\%] \quad (3)$$

Na coluna seguinte calcula-se o MTBF e na última coluna calcula-se o MTTR também segundo as fórmulas 1 e 2 anteriormente apresentadas.

Nas últimas três colunas destacam-se, a vermelho no caso da incidência e do MTTR e a amarelo no caso do MTBF, os três piores postos da semana, como mostra a tabela 2.

	A	B	C	D	E	F
41						
42						
43						
44						
45	Pré-furo ø 8,5	Posto 3	1	10,00	7170	30
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55	Furo ø 4,1 (inf.)					
56						
57						
58						
59						
60		Posto 4	5	50,00	1394	46
61						
62						
63						
64						
65	Furo ø 8,5					
66						
67						
68						
69						
70						
71						
72						
73						
74						
75						
76	Furo ø 4,1 (sup.)					
77						
78						
79						
80						
81						
82		Posto 5	1	10,00	6930	270
83						
84						
85						
86						
87						
88	Mandril Furo ø 9,					
89						
90						
91						
92						

Tabela 2 - MTBF e MTTR críticos das semanas da máquina 1 W8

Na penúltima folha do Excel apresenta-se um gráfico com os resultados do MTBF para uma melhor análise desses resultados, como mostra a Figura 42.

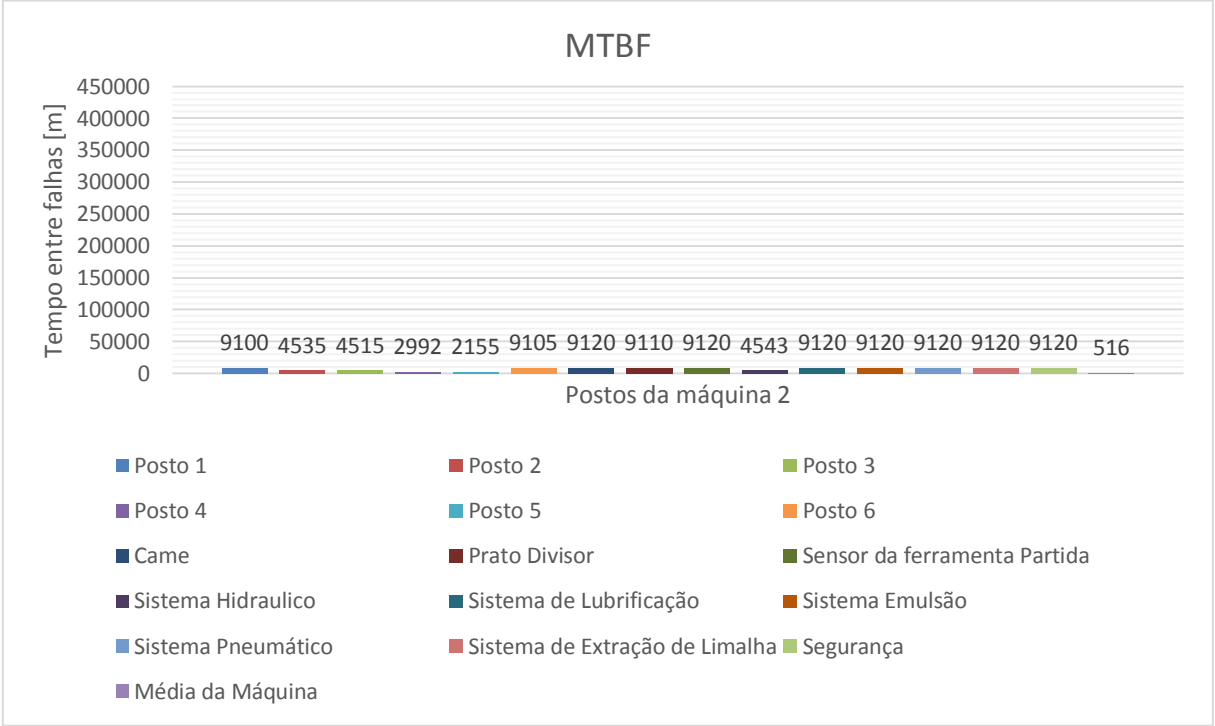


Figura 41 - Gráfico do MTBF da máquina 2 W14

A última folha também é um gráfico com os resultados da tabela, mas neste caso do MTTR, como mostra a Figura 43.

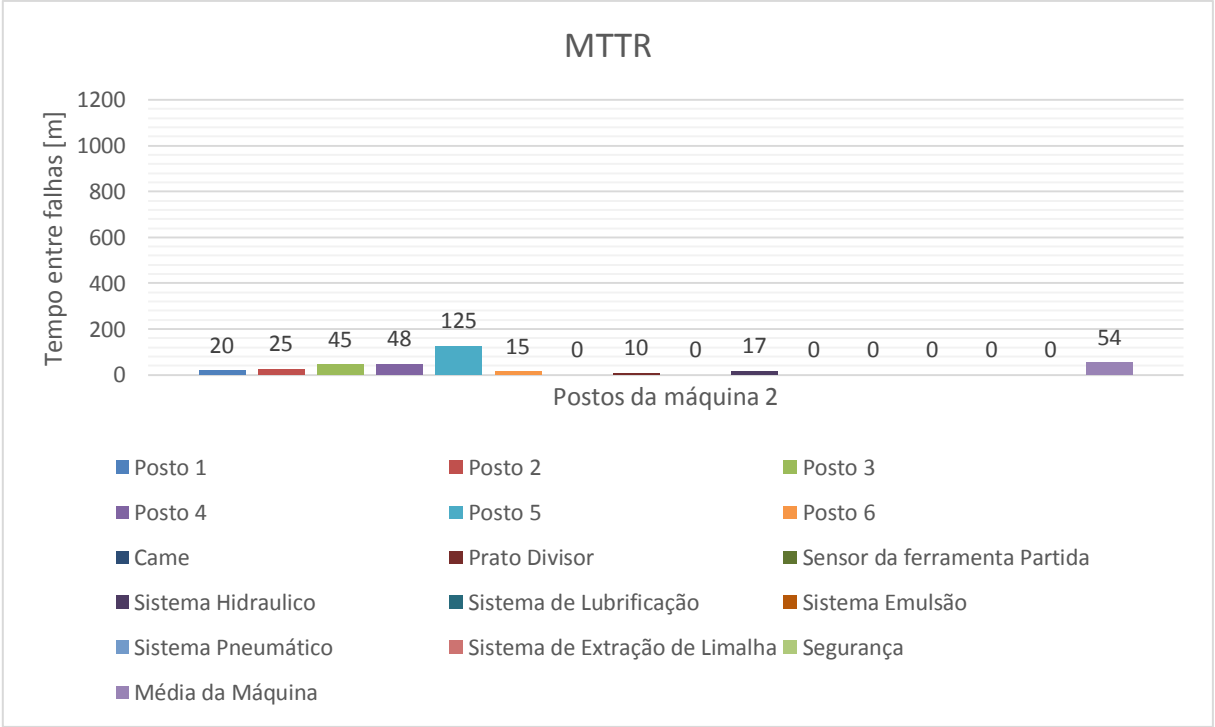


Figura 42 - Gráfico do MTTR da máquina 2 W14

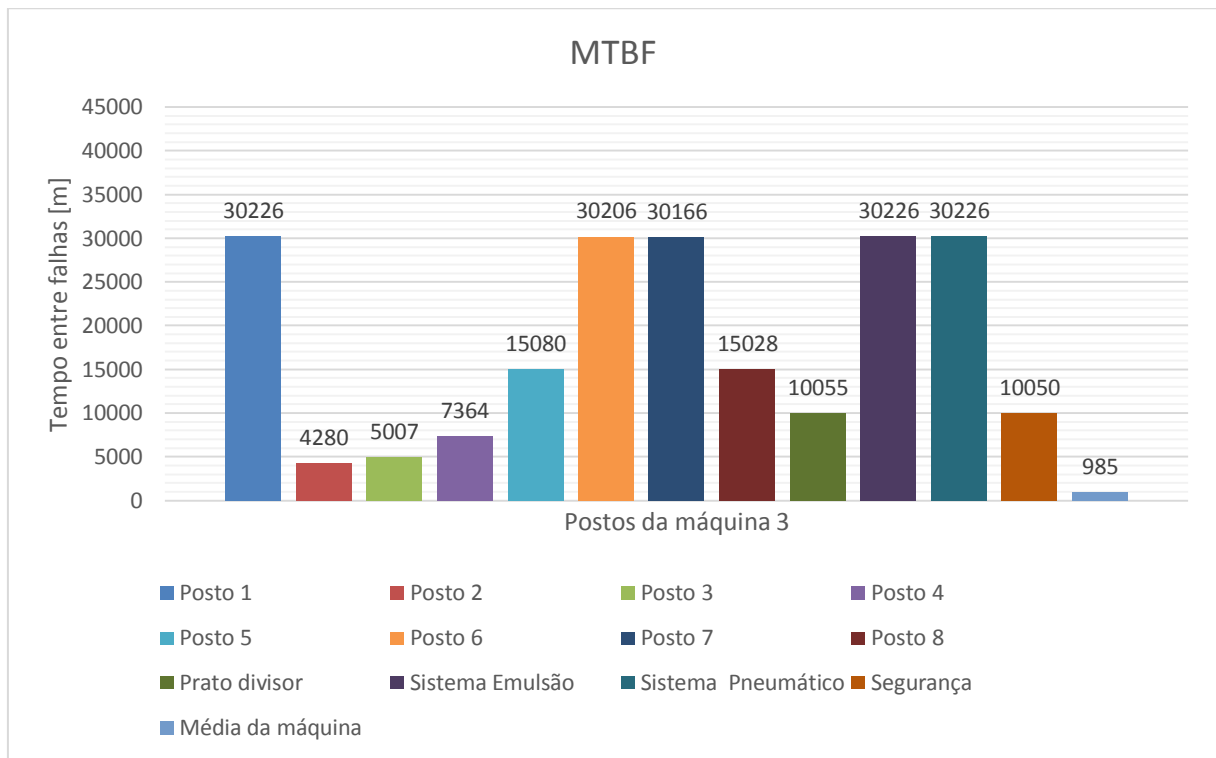
Para uma melhor consulta dos dados e visto que o procedimento interno da empresa indica que os cálculos do MTBF e do MTTR, sejam feitos somente por máquina e numa

periodicidade mensal, a partir dos dados semanais, e com base nas mesmas fórmulas que se utiliza para o cálculo semanal desenvolveram-se diversas folhas de cálculo no Microsoft Excel onde se faz o cálculo destes dois indicadores mensalmente. A primeira folha de cálculo contém uma tabela igual à tabela do ficheiro semanal, só que com os cálculos mensais, apresenta-se na Tabela 3.

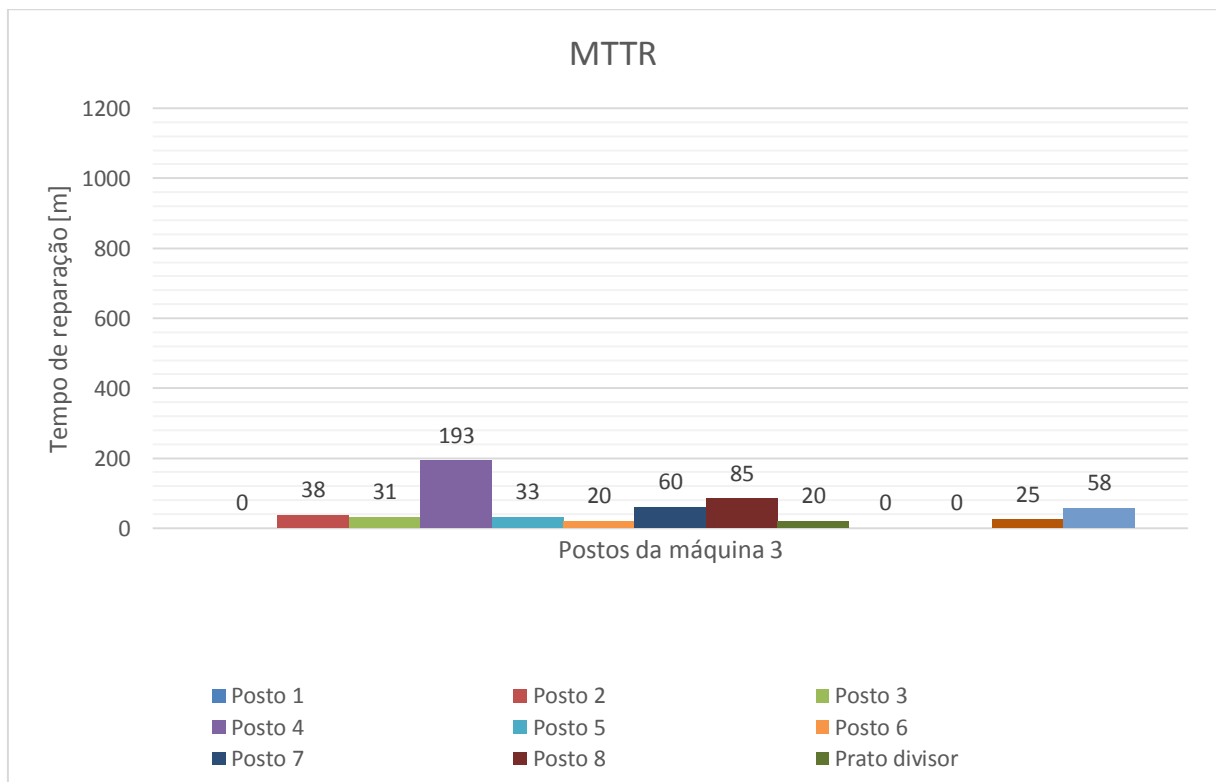
41					
42					
43					
44					
45	Pré-furo ø 8,5	Posto 3	0	0,00	30240
46					0
47					
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55	Furo ø 4,1 (inf.)				
56					
57					
58					
59					
60					
61					
62					
63					
64					
65	Furo ø 8,5				
66					
67					
68					
69					
70					
71					
72					
73					
74					
75					
76	Furo ø 4,1 (sup.)				
77					
78					
79					
80					
81					
82					
83					
84					
85					
86					
87					
88	Mandril Furo ø 9,				
89					
90					
91					
92					

Tabela 3 - Tabela dos dados mensais da máquina 2 W15

A penúltima folha do Excel contém um gráfico do MTBF mensal, representado na Figura 44 e a última folha apresenta o gráfico do MTTR mensal, representado na Figura 45.



**Figura 43 - Gráfico do MTBF mensal da máquina 3, mês de Abril 2018**



**Figura 44 - Gráfico do MTTR mensal da máquina 3, mês de Abril de 2018**

## 6.6 Rastreabilidade mensal das máquinas

No presente relatório realizar-se-á uma análise mensal por posto/sistema, procurando evidenciar as tendências dos dois indicadores ao longo dos vários meses do estágio para que se possam sugerir ações de correção ou melhoria aos vários postos/sistemas da máquina.

Também dentro deste capítulo apresentar-se-á um panorama geral da máquina em que se analisa mensalmente os dois indicadores calculados para a máquina. Esta análise permite que se visualize a tendência da máquina como um todo ao longo dos vários meses de estágio.

### 6.6.1 Rastreabilidade da máquina 1

#### 6.6.1.1 Posto 1

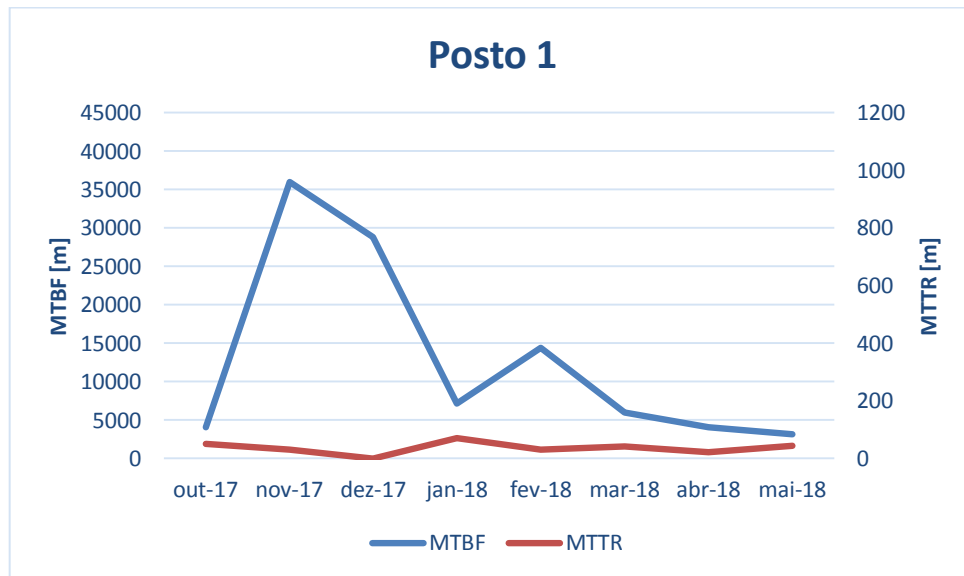


Figura 45 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 1 da máquina 1

Ao longo do tempo neste posto observou-se uma tendência de agravamento do indicador MTBF, como se pode verificar na Figura 46. Os principais problemas deste posto devem-se ao mau funcionamento dos seus sensores.

Apesar de no mês de Dezembro não se terem registadas avarias, o indicador MTBF é inferior ao mês de Novembro onde se registou uma avaria de 30 minutos. Estes valores são devido ao facto de no mês de Novembro se ter contabilizado cinco semanas de trabalho enquanto que no mês de Dezembro só foram contabilizadas quatro.

Como se pode verificar na Figura 46, o indicador MTTR deste posto não apresenta nenhuma tendência flutuando no seu valor ao longo dos vários meses. Este facto deve-se principalmente à variabilidade da dificuldade de substituição e afinação dos diversos sensores que apresentavam falhas nos diferentes meses, também se deve à existência de outros problemas que por norma tinham um tempo de reparação bastante elevado, nomeadamente a retirada das folgas no carro e a substituição de cilindros pneumáticos. Para que estes problemas não tenham efeito nos indicadores deste posto aconselha-se a que a verificação do estado do carro e dos vários cilindros pneumáticos do posto seja incluída nas gamas de manutenção preventiva, assim quando se detetarem desgastes nestes componentes podem



programar-se paragens que visem a sua resolução sem que afetem o normal funcionamento da máquina. As verificações do estado dos componentes supramencionados devem ser incluídas nas gamas trimestrais, pois pela análise das várias avarias reportadas constata-se que o desgaste dos componentes é verificado com uma periodicidade igual ou superior a três meses.

### 6.6.2 Posto 2

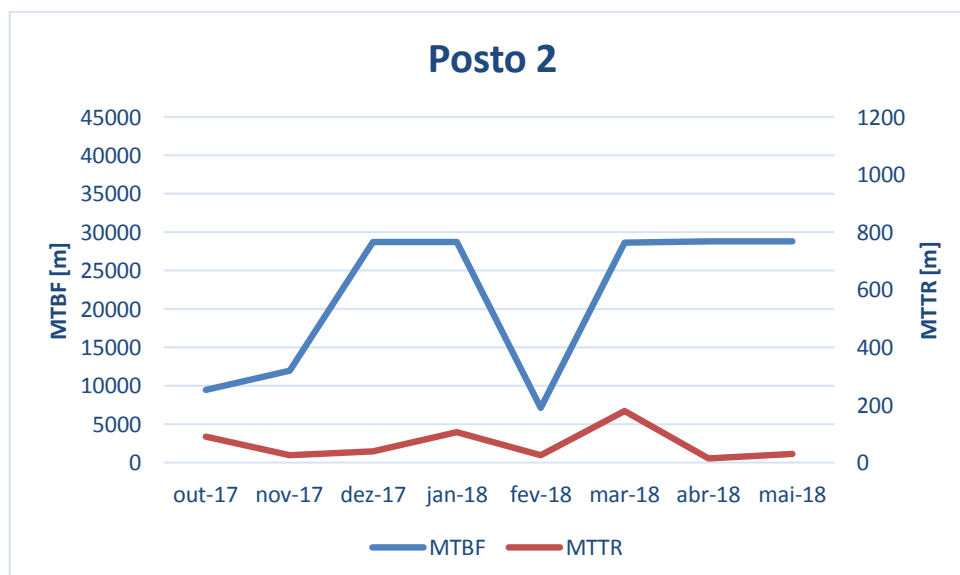


Figura 46 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 2 da máquina 1

No mês de Outubro e Novembro este posto registou avarias relacionadas com problemas quer no variador de velocidade, quer no autómato, o que fazia com que os motores deste posto não tivessem rotação, tendo esta situação afetado ambos os indicadores. A partir do mês de Dezembro, como se verifica na Figura 47, com exceção do mês de Fevereiro, registou-se uma melhoria nos valores do MTBF. Analisando a mesma Figura no que toca ao MTTR conclui-se que apesar de no mês de Fevereiro se terem registadas mais avarias, pois o MTBF foi baixo, estas foram de fácil resolução, pois o MTTR também foi baixo. Ao contrário do que se registou no mês de Fevereiro no mês de Março observou-se um MTBF alto e um MTTR alto, o que mostra que em vez de várias avarias fáceis de resolver registou-se poucas avarias mas de difícil resolução, estas relacionaram-se com a troca e afinação das caixas de cames. O mês de Março registou piores resultados no indicador MTTR porque os problemas no autómato ressurgiram sendo que estes foram resolvidos no mesmo dia que apareceram. Os meses de Abril e Maio são os melhores meses e estabelecem uma tendência, pois são seguidos, estes são os melhores porque têm um MTBF alto e um MTTR baixo.

Os principais problemas do posto 2 desta máquina prendem-se com as caixas de cames, estas devido à entrada de sujidade, nomeadamente, limalhas e emulsão estavam sempre com problemas. Numa primeira fase sugeriu-se a troca destes componentes por outros com igual função mas com um índice de proteção mais alto, como esta sugestão não demonstrou os resultados desejados sugeriu-se a colocação de chapas quinadas que serviriam de elemento protetor a estes componentes, impedindo que estes fossem atingidos por limalhas ou emulsão, fazendo com que os principais problemas deste posto deixassem de existir o que faria com que os dois indicadores melhorassem substancialmente.

### 6.6.3 Posto 3

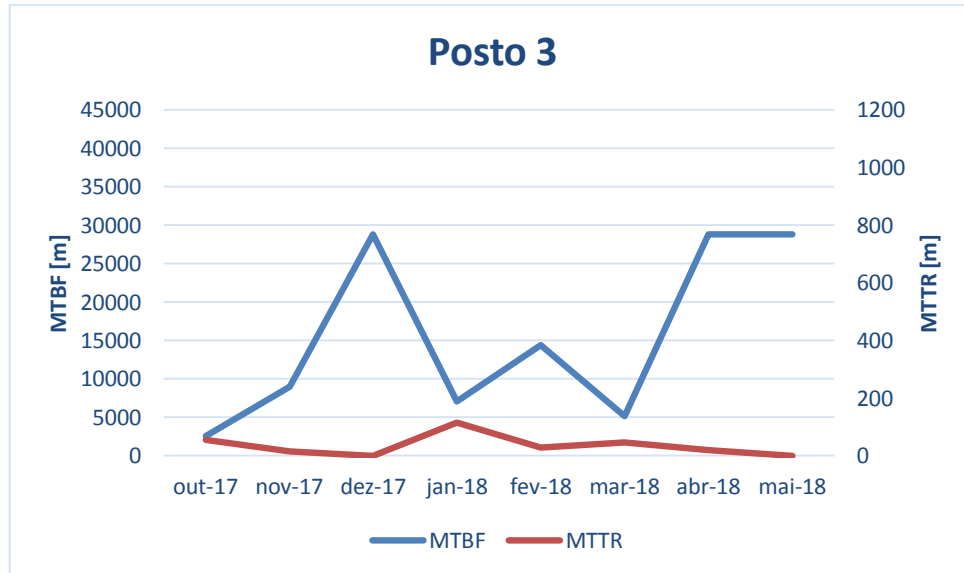


Figura 47 - Evolução do MTBF e do MTTR no posto 3 da máquina

Como mostra a Figura 48, o MTBF do posto foi melhorando gradualmente desde Outubro até Dezembro, piorando em Janeiro e melhorando em Abril e mantendo-se em Maio. Na Figura 47 observa-se que a tendência do indicador MTTR é parecida com a do indicador MTBF, estes dados indicam que sempre que existiam avarias registadas neste posto estas eram de difícil resolução, pois o MTBF baixava e o MTTR subia. As principais avarias registadas nos piores meses (Outubro, Novembro e Março) relacionam-se com a entrada de sujidade para as caixas de cames e para os anti vibratórios e também com afinações e reparações dos *spindles*. Os valores do mês de janeiro explicam-se pela existência de problemas no sensor de ferramenta partida que se arrastou por muito tempo e foi de difícil resolução, tendo de se trocar o deste posto por outro da máquina 2 que não estava a ser utilizado, para a prevenção de acontecimentos futuros relacionados com este tipo de sensores, sugere-se a introdução deste na lista de peças reserva a ter em armazém e também a colocação da inspeção deste sensor e do seu controlador nas instruções de manutenção preventiva mensal da máquina.

A solução sugerida para o problema das caixas de cames é a colocação de proteções em chapa neste componente impedindo que quer a emulsão, quer as limalhas prejudiquem o seu funcionamento, sugeriu-se que as chapas utilizadas fossem iguais às do posto 2 para que existisse uma uniformização dos componentes nos diferentes postos. No caso dos anti vibratórios como não é possível a colocação de chapas protetoras, pois estas impediriam o normal funcionamento destes componentes, sugere-se que a substituição dos mesmos seja feita por outros com um índice de proteção superior. Propõe-se também que seja incluída na

gama de manutenção autónoma a indicação explícita que a emulsão e as limalhas que se encontrem ao seu redor devem ser retiradas e os componentes limpos. Como esta operação de manutenção deve ser feita em todos os postos que possuem estes componentes, esta pode ser demorada, sugerindo-se assim, que esta medida seja implementada com uma periodicidade diária para que não afete os indicadores de produção da máquina.

Para a resolução dos problemas relacionados com os *spindles*, por estes se encontrarem em avançado estado de degradação, propõe-se a substituição dos mesmos visto que existem dois iguais em armazém catalogados como peças reserva. Propõe-se também a realização de uma intervenção de manutenção corretiva que ponha no estado inicial os dois componentes retirados da máquina.

Assim como foi verificado nos postos anteriores a tendência é que, com algumas exceções, os valores dos dois indicadores vão melhorando ao longo do tempo o que corrobora que a utilização das peças reserva indicadas e a implementação de algumas das sugestões dadas neste relatório surtiram efeito, espera-se que todas as outras venham a ser implementadas para que se possa medir os seus efeitos.

#### 6.6.4 Posto 4

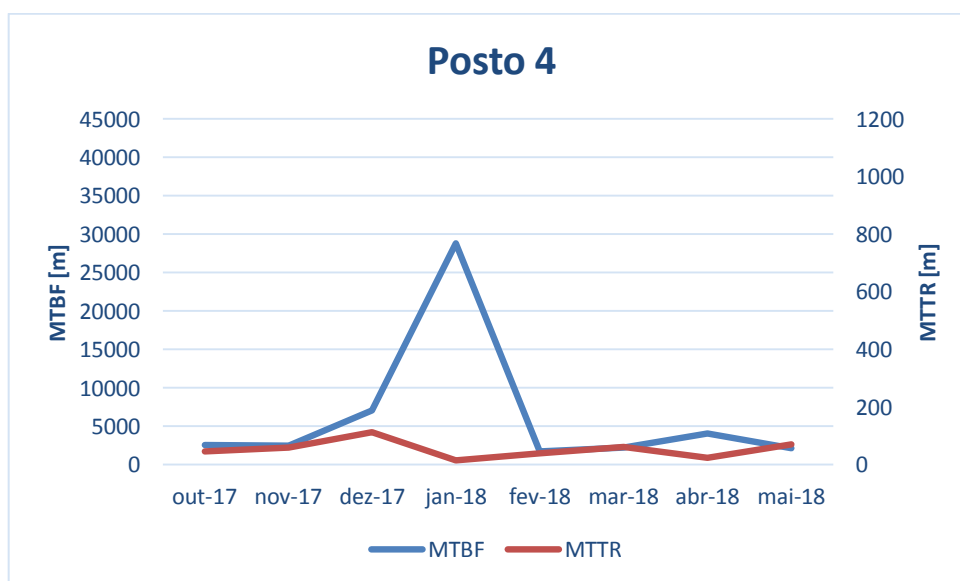


Figura 48 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 4 da máquina 1

Como se pode ver na Figura 49, este posto é o que apresenta piores resultados de todos os postos até agora apresentados. Com exceção do mês de Janeiro em todos os meses os indicadores estavam fora do objetivo. Este facto explica-se pela tipologia deste posto, tem unidades que maquinam inferiormente ao prato divisor o que facilita a entrada de sujidade para os seus componente e também dificulta a colocação de proteções sem que estas interfiram no processo de maquinação. O mês de Janeiro foi exceção porque na última semana de Dezembro foi realizada uma intervenção de manutenção geral a este posto mas que só surtiu efeito durante o período de um mês.

O mês de Outubro foi caracterizado por avarias nas caixas de cames, que acumulam sujidade no seu interior e consequentemente deixam de realizar a sua função corretamente. Aconselha-se a colocação de chapas quinadas sobre estes componentes para que estas

impeçam a entrada de sujidade para o seu interior e assim tenham uma maior vida útil. As chapas protetoras só devem ser colocadas nas caixas de cames das unidades horizontais, visto que, estes componentes nas unidades verticais se situam acima do prato divisor e por isso não acumulam nem emulsão nem limalhas.

Os problemas registados no mês de Novembro prenderam-se com o disparo do relé térmico dos motores das unidades 41 e 42, e como não existiam dois motores iguais como peças reserva, substituiu-se o motor da unidade 41 e reparou-se o da unidade 42. Este tipo de intervenção foi bastante demorada o que afetou bastante o indicador MTTR, tanto para este posto como para a máquina, sugere-se que se pondere a viabilidade financeira de ter em armazém sempre duas peças reserva para cada componente de cada posto da máquina, pois como existem sempre pelo menos duas unidades por posto, podem existir situações onde seja necessário mais que uma peça reserva. As caixas de cames também apresentaram problemas, tanto nas unidades horizontais, como nas verticais, nas caixas de cames das unidades verticais não é possível a colocação de chapas de proteção pois isso prejudicaria o funcionamento da unidade no seu processo de maquinação, assim recomenda-se a realização de uma inspeção a estes componentes e consequentemente a substituição dos que não estiveram nas melhores condições. No que diz respeito à proteção contra a entrada de sujidade sugere-se a pesquisa de produtos com as mesmas funções para que estes possam ser substituídos por outros com mais fiabilidade, por exemplo, sugere-se que se estude a possibilidade da troca das caixas de cames por motores de passo ou outros componentes que possibilitem o controlo exato do deslocamento das unidades.

No mês de Dezembro as avarias que mais afetaram os indicadores apresentados nos gráficos foram no *spindle* da unidade 43, no qual foram realizadas várias afinações, as quais foram morosas e não tiveram os efeitos desejados, visto que o problema pareceu ser o empeno do veio do *spindle*, sugere-se que se substitua o mesmo e se desempene o seu veio. Neste mês voltou-se a verificar o disparo do rele de térmico dos motores das unidades 41 e 42, como este é um problema que se está repetir ao longo do tempo devem ser tomadas medidas para prevenir o acontecimento do mesmo novamente. O disparo do relé térmico do motor pode ter origem num esforço excessivo do motor, este acontecimento, por sua vez, deve ter origem na acumulação de limalhas no interior dos dois *spindles*, uma vez que esta são verticais inferiores. Apesar destes estarem equipados com proteções contra a entrada de limalhas, estas estão se a revelar insuficientes, sugere-se o estudo para viabilidade da colocação de foles de proteção nos dois *spindles*.

No mês de Fevereiro também foram registadas avarias graves neste posto, estas prendiam-se com a entrada de limalhas e emulsão, tanto para o próprio *spindle*, como para as caixas de cames, como foi sugerido deve-se colocar foles de proteção nos *spindles* e colocar chapas de proteção nas caixas de cames. Nas unidades horizontais os problemas registados prenderam-

se com avarias no sensor de ferramenta partida e no empeno do veio do *spindle*, para o problema do sensor como já foi sugerido deve-se incluir este componente no plano de preventivas mensal, o *spindle* deve ser substituído e desempenado.

Nos meses seguintes todas as avarias registadas relacionaram-se com as já apresentadas aqui, sendo que, como evidencia a Figura 48 as avarias tinham uma periodicidade de mais ou menos um mês, por isso, salienta-se a necessidade da realização de algumas das sugestões dadas neste relatório para este posto.

### 6.6.5 Posto 5

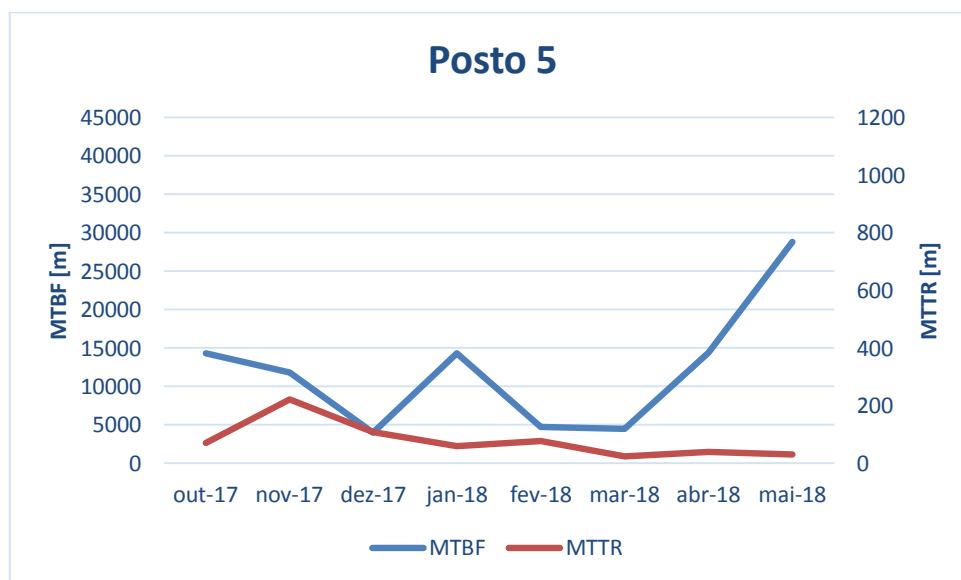


Figura 49 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 5 da máquina 1

Como se pode verificar na Figura 50 o MTBF deste posto foi piorando até ao mês de Dezembro e a partir de Fevereiro teve uma tendência de melhoria que se registou até ao mês de Maio. O MTTR também registou uma tendência de melhoria desde o mês de Novembro até ao mês de Maio. O mês de Fevereiro registou uma quebra na evolução dos dois indicadores devido a duas avarias específicas em duas unidades distintas, em duas semanas seguidas, numa semana um *spindle* registou uma fuga de ar e teve de ser trocado e na outra um outro *spindle* sofreu um empeno no seu veio, cuja resolução foi também a troca do mesmo.

No mês de Novembro assim como no mês de Fevereiro este posto apresentou uma avaria no *spindle*, a qual teve como solução a substituição do mesmo. Na semana anterior, também neste posto foi necessário substituir o *spindle* de outra unidade, como naquele caso não existia nenhum igual em armazém foi necessário esperar pelo fim da intervenção de manutenção para se colocar de novo o *spindle* na máquina e esta começar a laborar. Como neste posto os *spindles* não se encontram nas melhores condições sugere-se a realização de uma intervenção de manutenção preventiva aos dois *spindles* que não foram substituídos e também se sugere o estudo da possibilidade da existência de um *spindle* de cada modelo utilizado na máquina como peça reserva em armazém. Ainda no mês de Fevereiro também se registou a entrada de sujidade para o tambor da máquina, para impedir a ocorrência deste tipo de problemas sugere-

se a inspeção das condições das tampas do mesmo aquando da inspeção do estado das correias da máquina.

No mês de Abril as avarias apresentadas prendem-se com a entrada de sujidade para as caixas de cames, cuja solução é a colocação de chapas de proteção nas mesmas. Outro problema reportado foi uma correia partida, como já foi sugerido no decorrer deste relatório deve-se incluir a inspeção das correias no plano de manutenção preventiva da máquina.

### 6.6.6 Posto 6

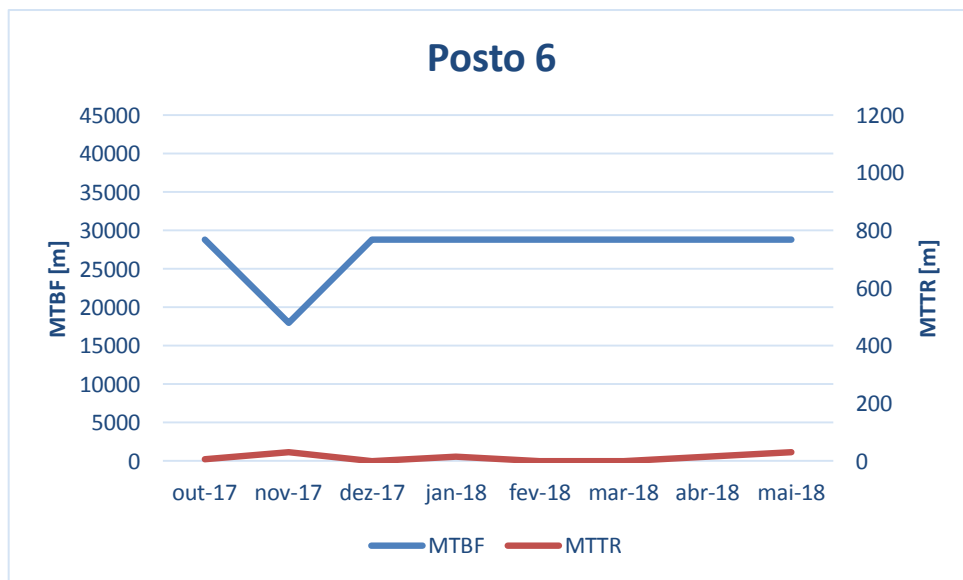


Figura 50 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 6 da máquina 1

Como se pode constatar na Figura 51, os indicadores para este posto são considerados bons, pois em muitos dos meses o MTBF é igual ao tempo de funcionamento do posto e o MTTR é igual a zero, com exceção do mês de Novembro onde aconteceram três avarias. Neste posto nunca ocorreu mais de uma avaria por mês e o tempo de resolução da mesma nunca ultrapassou os trinta minutos, sendo que existiram meses em que não foi registada nenhuma avaria.

As avarias registadas prendiam-se com sensores avariados, como a sua troca não pressupõe um paragem demorada da máquina, aconselha-se a que exista sempre pelo menos um sensor do modelo utilizado neste posto no armazém das peças reserva.

### 6.6.7 Prato divisor

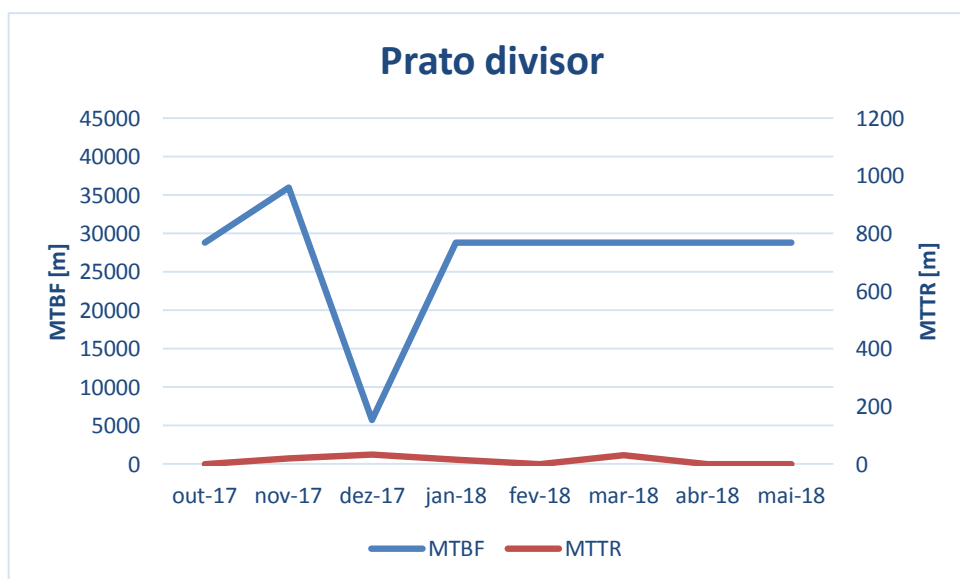


Figura 51 - Evolução do MTBF e MTTR do prato divisor da máquina 1

Como se pode verificar na Figura 52, o MTBF do Prato Divisor, excetuando o mês de Dezembro, regista valores dentro do objetivo. O mês de Dezembro é uma exceção devido a vários problemas nos sensores do mesmo, sugere-se a inclusão da verificação dos sensores do prato divisor no plano anual de manutenção preventiva da máquina com periodicidade trimestral. O mês de Fevereiro registou uma avaria que consistiu numa fuga de óleo, tendo a sua resolução passado pela substituição de um tubo. No mês de Março o prato divisor registou várias avarias que se relacionaram com as engrenagens fazendo com que os seus indicadores piorassem.

### 6.6.8 Sistema hidráulico

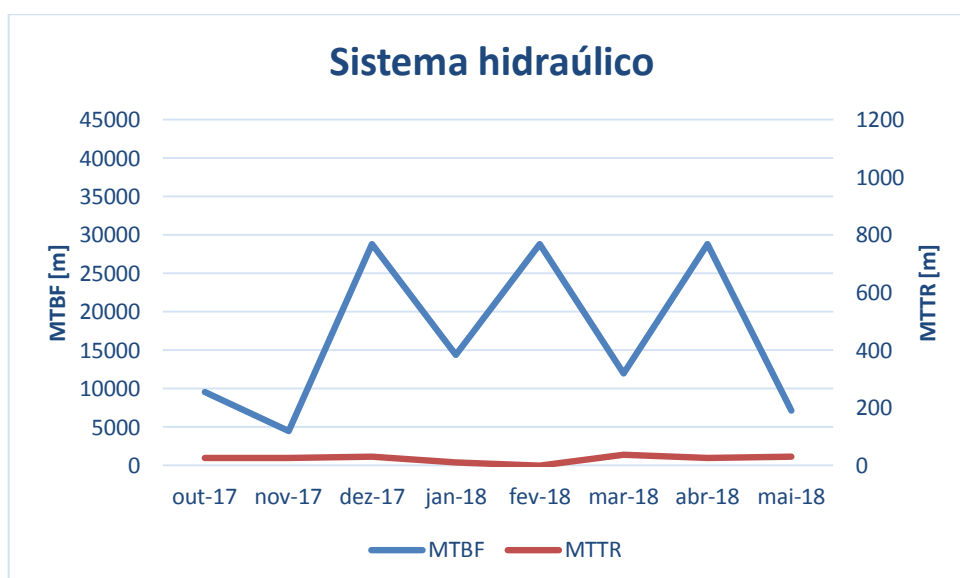


Figura 52 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema hidráulico da máquina 1

Como se pode ver na Figura 53 os valores do indicador MTBF para este sistema não seguem nenhuma tendência, sendo este facto explicado pelas avarias registadas neste sistema terem sempre a mesma fonte, uma fuga de óleo. O indicador MTBF vai flutuando ao longo do

tempo em função da quantidade de fugas existentes no mês e da sua dimensão. Para a prevenção de avarias relacionadas com este sistema devia-se substituir toda a tubagem, sendo que este era um projeto bastante dispendioso, quer monetariamente, quer temporalmente.

A Figura 53 mostra que os valores do MTTR não se alteram muito ao longo do tempo, pois a maioria das ações tomadas pelos técnicos da manutenção resumiam-se a atestar o depósito, ação que demora quase sempre o mesmo espaço temporal.

### 6.6.9 Sistema de lubrificação

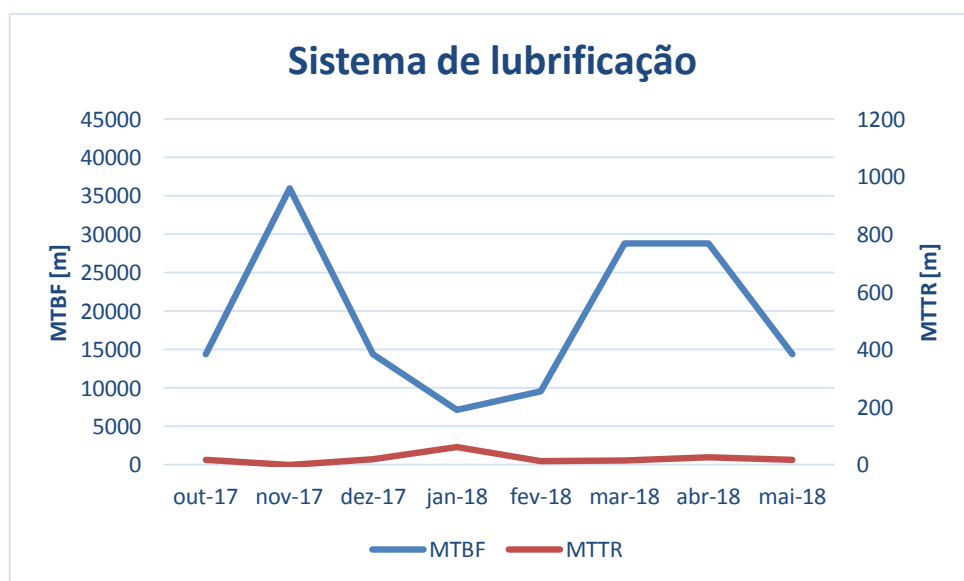


Figura 53 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema de lubrificação da máquina 1

Como se pode verificar na Figura 54, o sistema de lubrificação apresenta variações do MTBF e do MTTR ao longo do tempo, estes valores não são reais pois advém dos pedidos de manutenção para se atestar o depósito deste sistema, sendo que, essa tarefa não é da responsabilidade da manutenção, mas da responsabilidade da produção e por isso entende-se que não deveria entrar nas contas dos indicadores de manutenção.



## 6.6.10 Sistema de emulsão

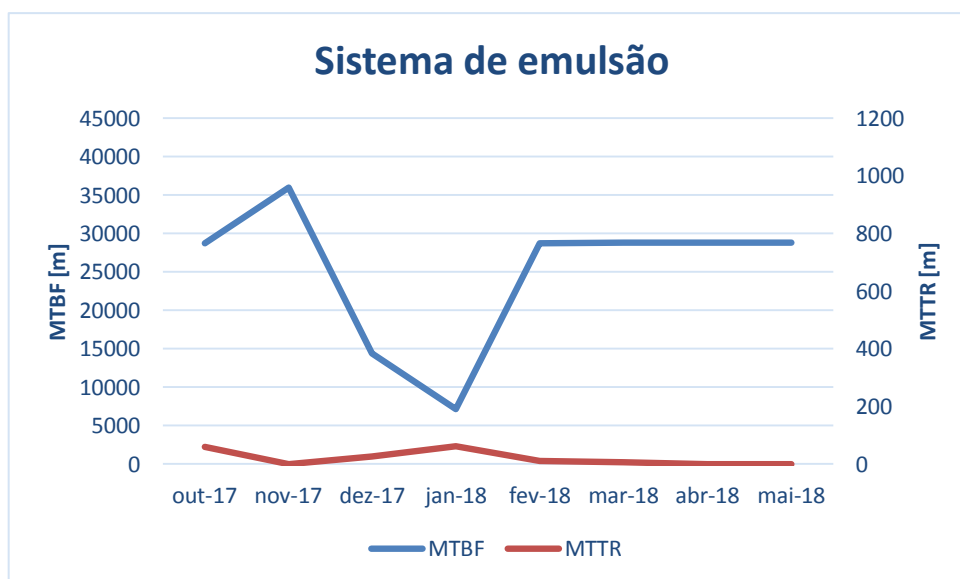


Figura 54 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema de emulsão da máquina 1

Como se pode analisar pelos dados da Figura 55, quer o MTBF, quer o MTTR deste sistema mantiveram-se mais ou menos constantes durante os vários meses, pois excetuando no mês de Janeiro, o único pedido de manutenção feito para este sistema consistia no atestamento do seu tanque. Destes dados conclui-se que o plano de manutenção preventiva anual estava desatualizado, pois proponha a mudança mensal deste líquido, para evitar que a reposição do nível seja feita durante o horário de laboração da máquina sugere-se a inclusão de uma gama de manutenção preventiva bissemanal na qual se programa a reposição do nível de emulsão no tanque.

O mês de Janeiro foi uma exceção pois uma mangueira danificou-se fazendo com que a bomba desferrasse e a tina de retenção transbordasse, tendo estes acontecimentos aumentado o MTTR e diminuído o MTBF. Também no mês de Janeiro registaram-se avarias relacionadas com o excesso de emulsão no tanque do sistema. Estes dois dados são prenúncio de que existe uma fuga de óleo de grandes dimensões o que faz com que o óleo se misture com a emulsão fazendo com que esta aumente em quantidade. A fuga de óleo deve ser resolvida porque a existência de óleo na emulsão altera as suas propriedades, o que pode diminuir a vida útil das ferramentas de corte.

### 6.6.11 Sistema pneumático

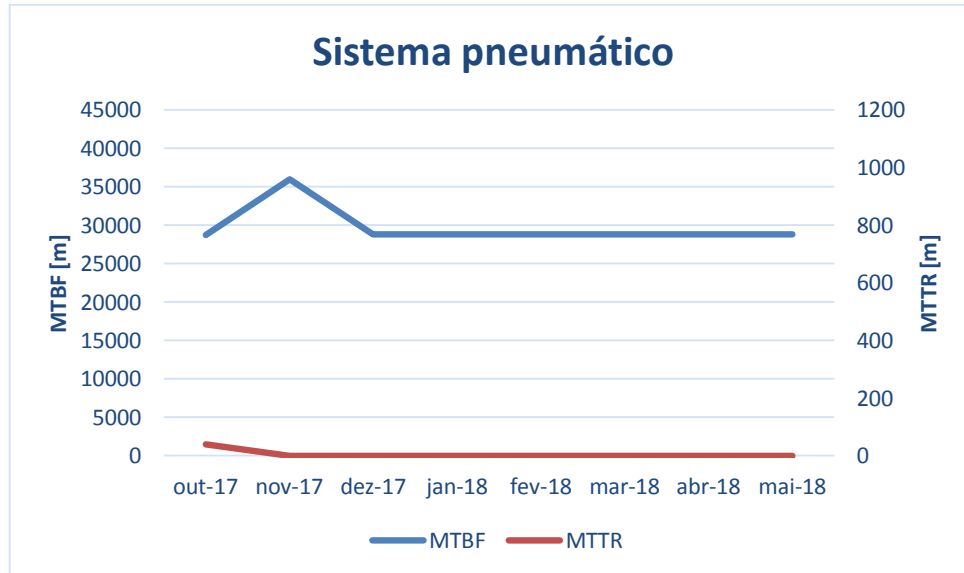


Figura 55 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema pneumático da máquina 1

Na Figura 56 pode verificar-se que ao longo dos vários meses este sistema só registou uma avaria no mês de Outubro de 2017 que se prendeu com uma fuga de ar no central de tratamento que foi prontamente resolvida.

### 6.6.12 Sistema de extração de limalhas

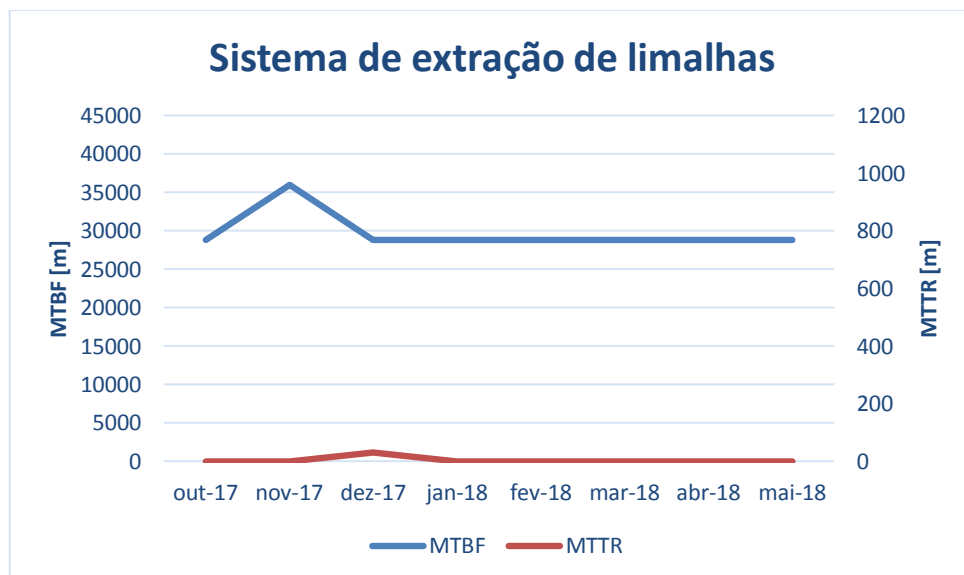


Figura 56 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema de extração de limalhas da máquina 1

A Figura acima mostra que este sistema só registou uma única avaria nos nove meses, tendo a mesma sido devida ao acumular de limalhas no tapete o que fez disparar o relé

térmico do motor, como este sistema só registou uma avaria não é necessário propor melhorias para o mesmo.

### 6.6.13 Segurança

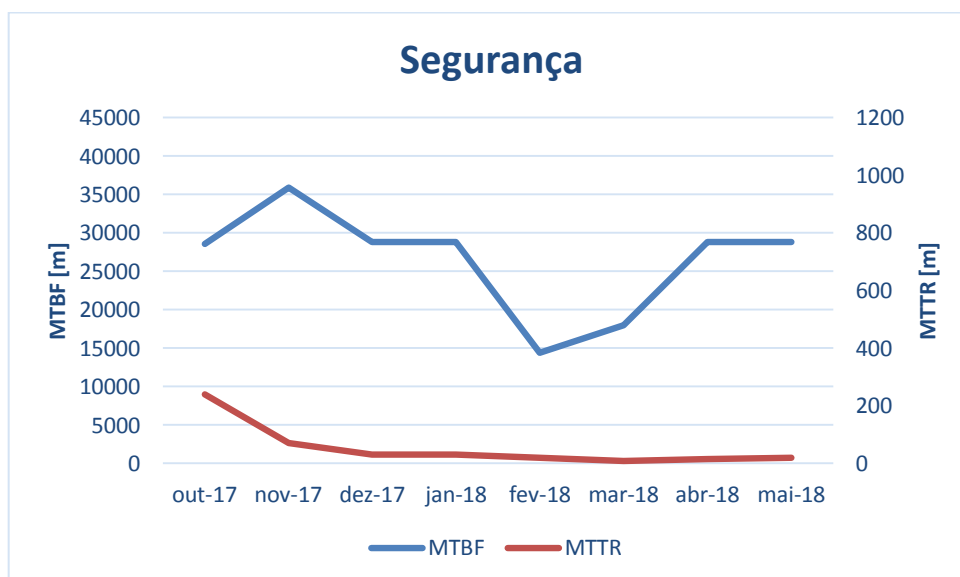


Figura 57 - Evolução do MTBF e MTTR da segurança da máquina 1

Os dados presentes na Figura acima não são representativos dos valores dos indicadores da segurança, pois neste sistema eram incluídas todas as avarias que não se incluíam em nenhum dos postos ou sistemas anteriores.

Da análise dos dados deste sistema conclui-se que as avarias com ele relacionadas são pouco frequentes, o sistema não regista uma avaria por mês e são de fácil resolução passando na maioria das vezes pela substituição de um sensor.

### 6.6.14 Geral da máquina

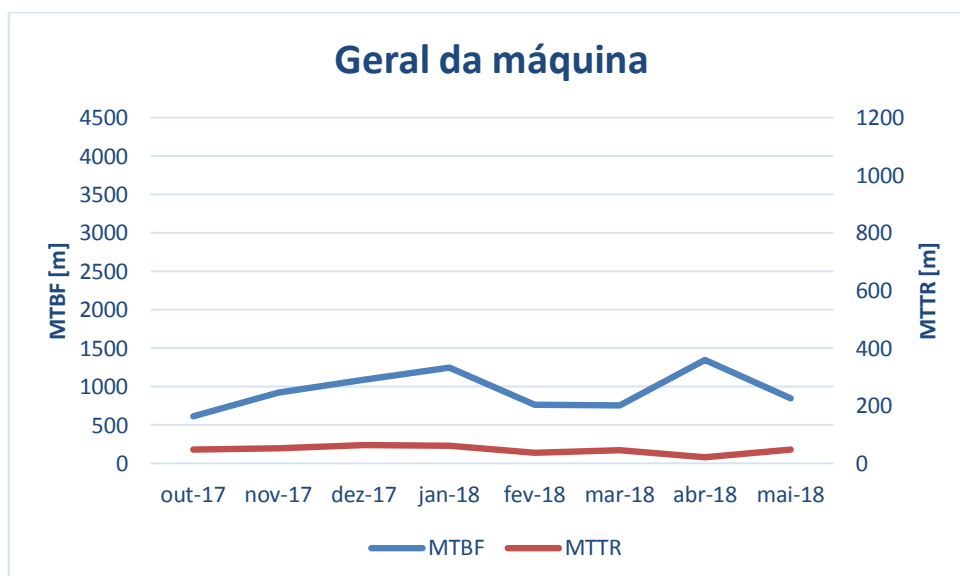


Figura 58 - Evolução do MTBF e MTTR geral da máquina 1

Neste subcapítulo intitulado geral da máquina fez-se um apanhado com todos os postos da máquina e como se pode ver no gráfico da Figura 58 o indicador MTBF esteve numa

tendência positiva desde o mês de Outubro 2017 até Janeiro de 2018, o indicador MTTR no mesmo período registou uma tendência negativa, ficando acima do objetivo nos meses de Dezembro e Janeiro. O mês de Fevereiro registou uma melhoria nos valores do indicador MTTR, mas os valores do indicador MTBF pioraram, o que indica que apesar das terem existido mais avarias reportadas e a máquina ter funcionado menos tempo nesse mês, as avarias demoraram menos tempo a resolver. Os números de Março mantiveram-se em linha com os de Fevereiro sendo que o indicador MTTR sofreu um ligeiro agravamento nos seus valores. O mês de Abril foi o melhor mês da máquina no que toca aos dois indicadores, sendo que estes voltaram a piorar no mês de Maio.

Seguidamente será feita uma enumeração dos três piores postos por mês dos dois indicadores utilizados no presente relatório, que tem como objetivo mostrar quais os piores postos, para se ter uma perceção dos postos onde se deve atuar com mais urgência nas intervenções de manutenção preventiva mensal. Também nos indica em quais postos se deve realizar com mais celeridade as melhorias propostas no decorrer do presente relatório.

A máquina no mês de Outubro teve como três piores postos no indicar MTBF os postos 1, 3 e 4n no indicador MTTR teve os três piores foram os postos 2 e 5 e o sistema de segurança.

Analisando o mês de Novembro, os três piores classificados do MTBF são os postos 3 e 4 e pelo sistema hidráulico, já no MTTR, os três piores são os postos 4 e 5 e pelo sistema de segurança.

O mês de Dezembro tem como três piores postos no que toca ao MTBF os postos 4 e 5 e o prato divisor, já o MTTR tem como três piores postos os postos 2, 4 e 5.

O mês de Janeiro teve como três piores postos do MTBF os postos 1 e 3 e o sistema de emulsão, os três do MTTR são os postos 1, 2 e 3.

Os indicadores do mês de Fevereiro tem como os três piores postos do MTBF os postos 2, 4 e 5, no MTTR os três piores foram os postos 1, 4 e 5.

O mês de Março teve como três piores postos do MTBF os postos 1, 4 e 5, os três piores do MTTR foram os postos 1, 3 e 4.

O mês de Abril teve como três piores postos do MTBF os postos 1, 4 e 5, os três piores do MTTR é foram os postos 4 e 5 e pelo sistema hidráulico.

Os três piores postos do MTBF no mês de Maio foram os postos 1 e 4 e o sistema hidráulico, os três piores do MTTR foram os postos 1 e 4, sendo que os postos 2, 5 e 6 e o sistema hidráulico registam valores iguais.

## 6.6.15 Rastreabilidade da máquina 2

### 6.6.15.1 Posto 1

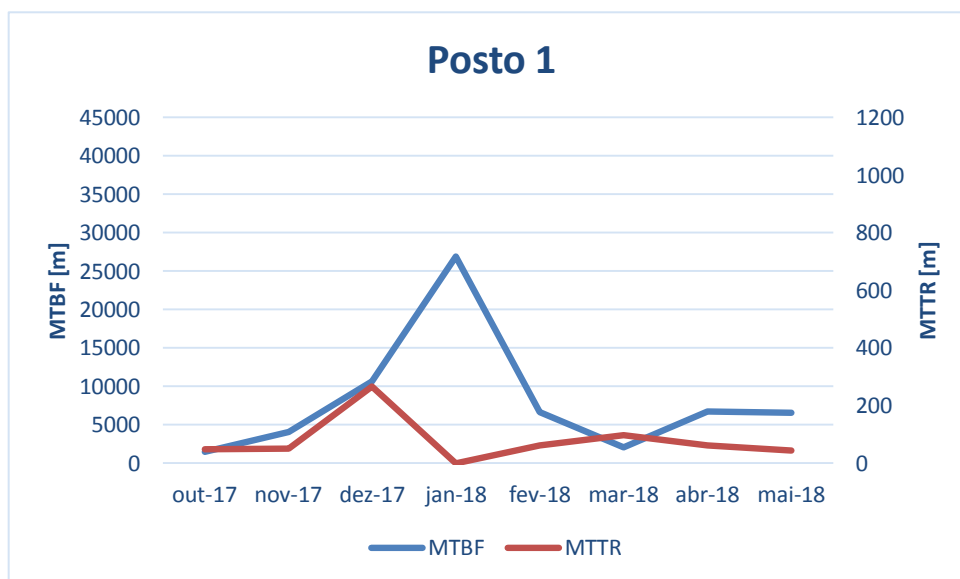


Figura 59 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 1 da máquina 2

Como se pode verificar no gráfico com exceção do mês de Janeiro de 2018 os indicadores para este posto são considerados maus, pois o MTBF situa-se sempre em valores considerados baixos e o MTTR apesar de estar quase sempre dentro do objetivo situa-se no limite deste o que conjugado com o mau desempenho do MTBF põe este posto entre os piores desta máquina.

O gráfico mostra que no mês de Janeiro o valor do MTBF foi especialmente baixo, este valor deve-se principalmente à substituição de correias e fibras óticas, estas desempenham a função de transmitir os sinais dos sensores para o autómato, e também se deve à afinação dos vários sensores e mecanismos deste posto. Estes problemas vão-se arrastando ao longo do tempo mantendo os indicadores, principalmente o MTBF, fora do objetivo. O indicador MTTR foi menos afetado que o MTBF pois a troca de sensores é uma operação fácil e rápida, a afinação dos mesmos ou dos vários mecanismos afetam bastante este indicador.

O valor de 260 minutos de MTTR no mês de Dezembro explica-se com a avaria de um relé do manipulador direito, esta avaria foi de difícil resolução pois não se conseguia perceber o problema e portanto não se conseguia resolvê-lo, afetando bastante o MTTR.

O mês de Janeiro de 2018 foi uma exceção positiva pois, nas duas últimas semanas de Dezembro a unidade fabril teve parada para manutenções preventivas e como os indicadores deste posto apresentavam valores maus foi realizada uma intervenção de manutenção em todos os seus componentes, o que surtiu efeito no mês de Janeiro, mas o mês de Fevereiro revelou que a solução não passava pela realização de manutenções em todos os componentes do posto, porque pela análise dos dados teria de se realizar uma intervenção de manutenção deste tipo com uma periodicidade mensal, o que não era possível devido ao tempo que esta demora.

Pela análise dos dados deste posto e do posto 1 da máquina 1 e tendo em conta que estes desempenham as mesmas funções só que em máquinas diferentes sugere-se que se realize um *retrofit* a este posto para que o seu funcionamento e os seus componentes sejam iguais aos do

posto 1 da máquina 1. Esta sugestão não só iria melhorar os indicadores deste posto como iria fazer com que as peças reserva no armazém passariam a ser as mesmas para as duas máquinas diminuindo o número de referências necessárias a ter em armazém.

### 6.6.15.2 Posto 2

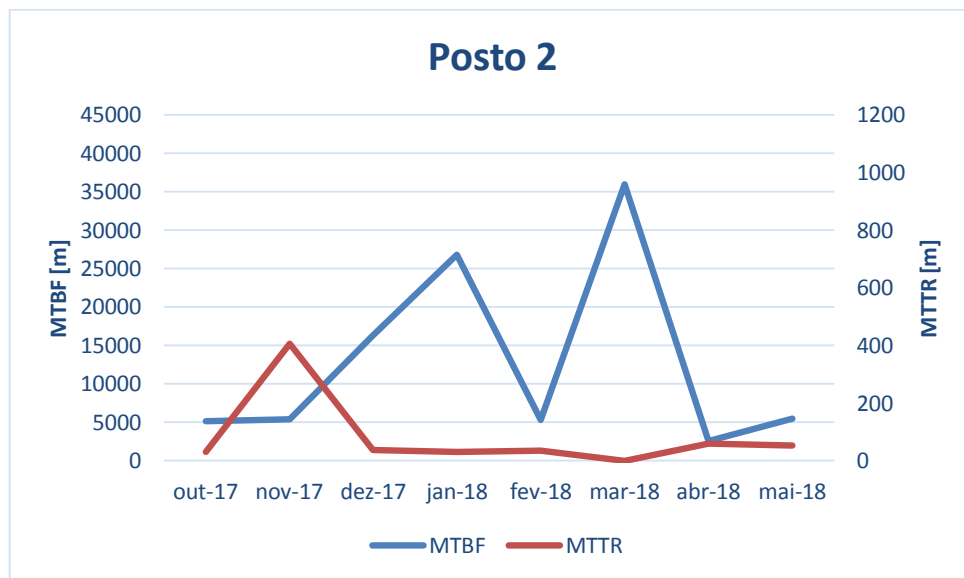


Figura 60 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 2 da máquina 2

O gráfico da Figura 61 mostra que os valores do MTBF deste posto não seguem nenhuma tendência e com exceção do mês de Janeiro e Março apresentam valores bastante baixos. Os valores do MTTR por sua vez mantêm-se dentro do objetivo com exceção do mês de Novembro.

Os principais problemas deste posto que fizeram com o indicador MTBF apresentasse valores baixos foram as constantes mudanças de velocidade de avanço da unidade, quer nas unidades verticais, quer nas unidades horizontais, a juntar-se a este problema por vezes também surgiam problemas relacionados com as correias de transmissão entre o motor e o *spindle*. Durante os vários meses optou-se por se trocar os reles que controlam a velocidade de avanço da unidade mas as substituições destes componentes não surtiram o efeito desejado, propondo-se neste relatório que seja feita uma intervenção de manutenção às duas unidades de avanço que fazem parte deste posto, nesta intervenção deve-se avaliar o estado dos vários componentes que a compõem e proceder-se à substituição dos que não se encontrarem em condições, sendo que tendo em conta o possível estado de degradação destes sistemas também se propõe o estudo de outras soluções que não incluam componentes com um ciclo de vida baixo como os que estão na máquina, por exemplo, propõe-se o estudo da viabilidade da substituição das unidades de avanço, que são hidráulicas, por umas elétricas ou até mesmo a

substituição dos *spindles* por outros com avanço incorporado desapegando a utilização de unidades de avanço.

Também se propõe a inclusão nas gamas de manutenção preventiva mensal a verificação do estado das correias de todas as unidades da máquina, sugere-se que sejam também substituídos os parafusos que protegem o tambor da máquina, pois estão desgastados o que possibilita a entrada de sujeira para o interior do tambor da máquina, o que diminui substancialmente a vida útil das correias.

O mês de Novembro registou um valor de MTTR bastante elevado porque existiu uma fuga de óleo na unidade vertical esquerda e como o acesso ao tubo que estava roto era difícil teve-se de se proceder à desmontagem de toda a unidade, este processo é bastante moroso, para impedir que a este problema se repetisse procedeu-se á alteração do sítio do tubo para que se tornasse mais acessível em caso de nova rutura.

O mês de Fevereiro registou bastantes avarias que consistiram no aumento da velocidade de avanço sendo que a medida tomada para a sua resolução era a afinação da válvula que comandam o avanço da unidade de avanço, como esta tarefa é bastante simples o MTTR nesse mês esteve dentro do objetivo. Os meses de Janeiro e Março revelaram valores considerados bastante bons porque nos meses anteriores, Dezembro e Fevereiro respetivamente foi realizado uma intervenção de manutenção aprofundada neste posto o que fez com que no mês seguinte quase não se verificasse avarias.

#### 6.6.15.3 Posto3

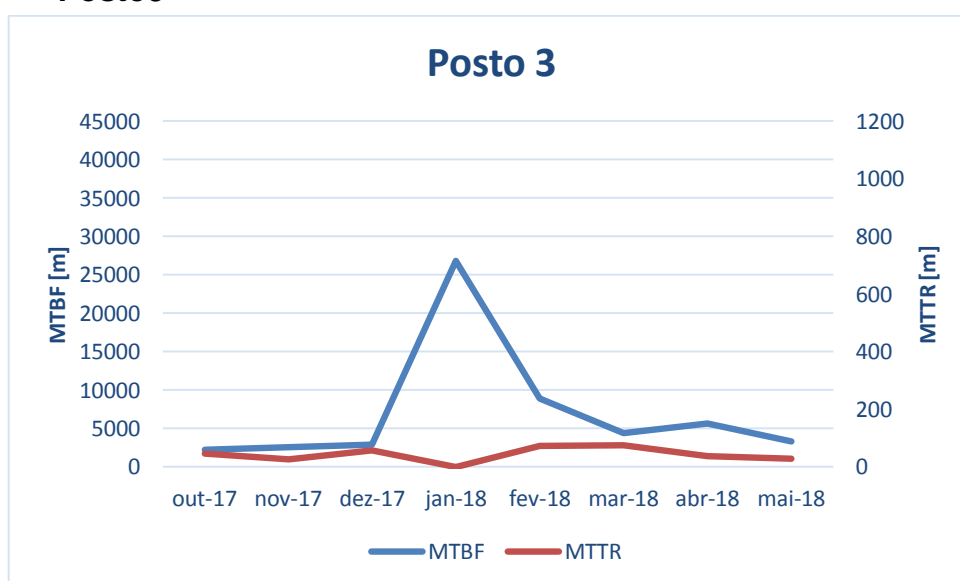


Figura 61 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 3 da máquina 2

O gráfico da Figura 62 mostra que os indicadores deste posto variam ao longo do tempo não desenvolvendo uma tendência, os valores do MTBF são considerados maus pois são bastante baixos com exceção do mês de Janeiro. Os valores do MTTR com exceção dos meses de Fevereiro e Março estão dentro do objetivo mas estes não se mantêm uniformes ao longo do tempo, havendo meses em que são baixos e meses em que são bastante elevados. A variabilidade do indicador MTTR é explicada pela dificuldade de resolução das avarias, isto é,

as avarias neste posto tendem a repetir-se nalguns componentes o que indica que a substituição desses mesmos componentes iram minimizar bastantes o problemas do posto.

Os principais problemas que este posto registou ao longo do tempo prenderam-se com o mau funcionamento das caixas de cames, quer nas unidades verticais, quer nas horizontais, como medida imediata sugere-se a colocação de chapas protetoras nestes componentes para que não entre sujidade para o seu interior e como medida a longo prazo sugere-se a troca das caixas de cames desta máquina pelas da marca utilizadas na máquina 1 pois como se pôde verificar no presente relatório e apesar de também apresentarem problemas, as da marca da máquina 1 são bastante mais fiáveis que as utilizadas nesta máquina.

Outro problema bastante influenciador dos maus resultados deste posto são o estado de deterioração das correias de transmissão entre o motor e o *spindle*, propõe-se que se inclua a verificação do estado das correias deste posto nas gamas de manutenção preventiva mensal e que substitua os parafusos das proteções das mesmas para que não entrem detritos para o interior do tambor.

Por último o problema que mais ocorreu e mais afetou o dois indicadores foi o partir das brocas no *spindle*, este problema não foi resolvido completamente porque não se encontrou a causa raiz do problema. Após a análise dos dados conclui-se que o problema pode ter três causas, que são: o empeno das buchas o que faz com que a vida útil de uma broca seja bastante diminuída; a existência de folgas nas unidades de avanço o que faz com que a unidade quando avança não o faça linearmente e por isso as brocas partam; por último a causa pode vir do avanço demasiado rápido do *spindle*. O problema deste avanço rápido pode ter três causas: o desregulamento da válvula que regula a entrada de óleo no cilindro e consequentemente a velocidade; o relé que comanda a velocidade lenta ou a caixa de came que não envia o sinal que de passagem para velocidade lenta. Como a caixa de came foi reparada várias vezes e nada mudou pode-se excluir esta possibilidade. Todas as outras possibilidades são válidas portanto sugere-se que se examine os componentes supra indicados e que se substituam os que não estão nas melhores condições, esta operação deve ser faseada, ou seja, deve-se substituir um componente de cada vez e ver se houve melhorias nos indicadores, se tal não acontecer, devera-se substituir outro componente.

O mês de Janeiro foi uma exceção nos valores dos indicadores pois no mês de Dezembro realizou-se um intervenção de manutenção aprofundada o que fez melhorar bastante os indicadores, não foi possível realizar uma intervenção semelhante com periodicidade mensal pois é uma intervenção bastante morosa.



#### 6.6.15.4 Posto 4

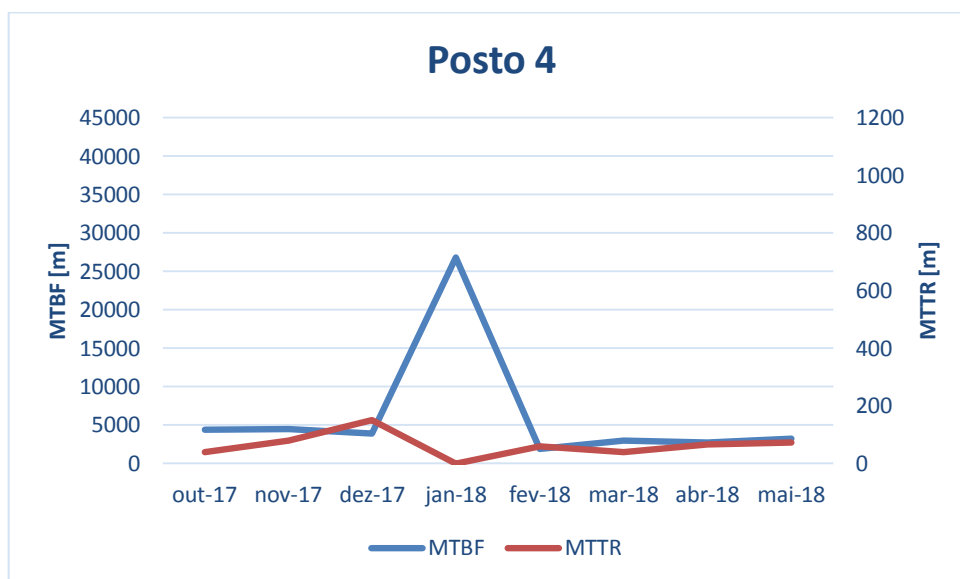


Figura 62 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 4 da máquina 2

Como se pode verificar na Figura 63 os valores do indicador MTBF excetuando no mês de Janeiro foram bastante baixo, em contraste os valores do MTTR também excetuando o mesmo mês foram bastante altos.

Estes valores devem-se essencialmente às avarias registadas nas caixas de cames, no tambor, nas unidades de avanço e nos *spindles*.

As avarias nas caixas de cames foram uma constante ao longo dos meses, estas avarias como são resolvidas com a simples limpeza do interior das mesmas não afeta muito o MTTR mas afeta bastante o MTBF, pois em média registava-se uma avaria por dia nas caixas de cames deste posto. Para a resolução definitiva deste problema sugere-se que se implementem as medidas sugeridas no posto anterior, isto é, a troca das caixas de cames pelas da marca utilizada na máquina 1, também se sugere a colocação de chapas protetoras para impedir que entre sujidade para o interior das mesmas. Por último sugere-se a introdução nas gamas de manutenção preventiva mensais a limpeza das caixas de cames de todos os postos da máquina.

No tambor os problemas prendiam-se com a rápida degradação das correias de transmissão, para minimizar a frequência destes problemas propõem-se a verificação do aperto dos parafusos do tambor e a introdução da verificação da tenção das correias destes posto nas gamas de manutenção preventiva mensais.

As unidades de avanço necessitam de um revisam geral, que deve ser feita de acordo com a programação da produção, isto porque, uma operação deste tipo é bastante morosa, nela deve-se substituir todos os componentes que fazem parte do *kit* de reparação.

O mês de Janeiro foi uma exceção porque assim como aconteceu no posto anterior, no mês de Dezembro foi realizada uma operação de manutenção preventiva a todos os componentes do posto e por isso não se registaram avarias no mês de Janeiro.

### 6.6.15.5 Posto 5

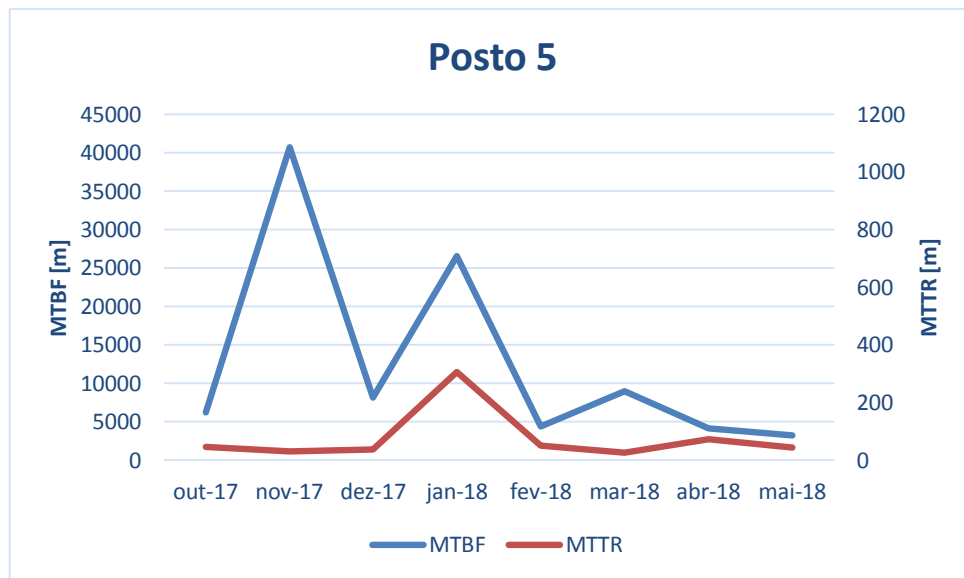


Figura 63 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 5 da máquina 2

Como se pode verificar na figura 64 os valores do indicador MTTR mantêm-se mais ou menos constante ao longo do tempo, excetuando no mês de Janeiro, os valores apresentados para este indicador mantêm-se abaixo do objetivo, com exceção dos meses de Janeiro e Abril. Apesar de na maioria dos meses o MTTR estarem abaixo do objetivo, os seus valores estiveram próximos do limite, o que indica que podem ser melhorados.

Os valores do MTBF, que também podem ser analisados na mesma Figura, nos últimos meses de 2017 e nos primeiros de 2018 não registam uma tendência clara, mas a partir do mês de Fevereiro os valores registam uma tendência de descida, estes valores explicam-se devido ao facto de nos meses de início da análise como os valores do MTBF estavam baixos realizavam-se intervenções de manutenção no posto, o que fazia com que no mês seguinte os valores registados fossem consideravelmente melhores, mas no mês seguinte desciam outra vez, o que fazia com que fosse realizada uma nova intervenção de manutenção, como este procedimento não estava a resultar pois existia um mês em que a máquina estava muito tempo parada e tinha muitos meios humanos empenhados na manutenção, passou-se a analisar os maiores problema e a tentar chegar à sua causa raiz.

Os principais problemas deste posto prendem-se com a deterioração das correias, os defeitos das caixas de cames e das unidades de avanço. Estes problemas como se pode verificar no presente relatório vêm-se repetindo nos vários postos já analisados, sendo por isso necessário adotar neste posto as sugestões dadas para os postos anteriormente analisados, nesta máquina, como todos os postos têm o mesmo número de unidades e o mesmo princípio

de funcionamento é possível adotar a mesma medida em todos os postos que fazem maquinação de peças.

O valor do MTTR do mês de Janeiro explica-se devido a uma avaria no tambor da unidade 55, a avaria consistiu na deterioração de uma correia, mas como não existiam correias do mesmo modelo como peças reserva no armazém da manutenção teve de se alterar a furação do motor onde se iria colocar a correia para que outra de um modelo existente no armazém pode-se ser colocada na máquina, para prevenir que problemas como este se repitam sugere-se que se faça um controlo do número de correias em armazém, não pelo número de correias no geral, mas pelo número de correias dos vários modelos existentes no armazém.

### 6.6.16 Posto 6

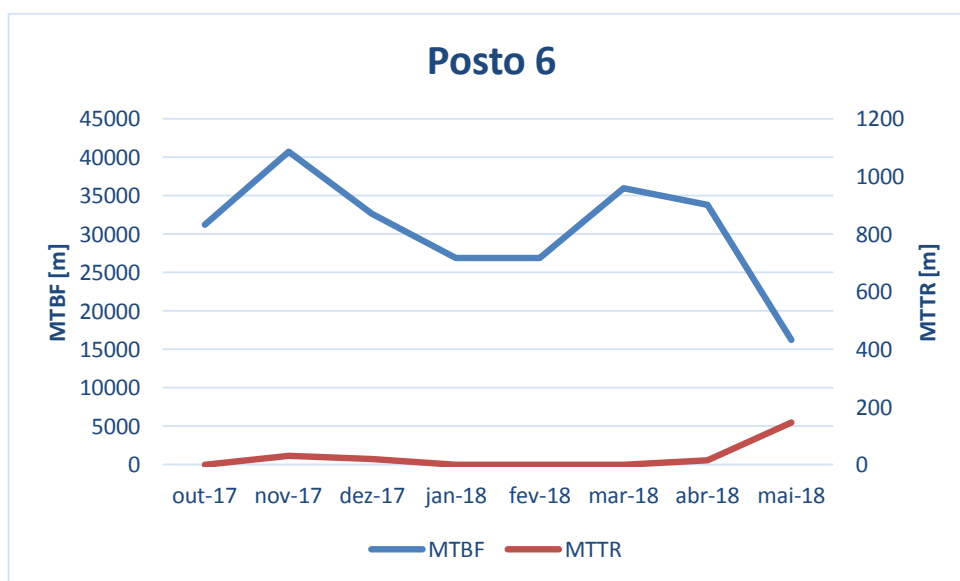


Figura 64 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 6 da máquina 2

Como se pode verificar na figura 65 este posto regista valores dentro do objetivo para os dois indicadores avaliados, o mês de Maio é uma exceção devido a avarias relacionadas com os sensores da descarga, este foram substituídos, esperando-se que o problema fique resolvido.

As avarias ao longo dos meses também se relacionaram com os sensores, sendo que na maioria das vezes o problema era um mau contacto nos sensores, apesar de estes problemas não terem muita influência nos indicadores gerais da máquina, sugere-se a introdução nas gamas de intervenção preventiva trimestral da ação de verificação dos sensores da descarga.

Os meses de Janeiro e Fevereiro registam valores de MTBF mais baixos que o mês de Outubro e Março pois nesses meses a máquina laborou menos dias que nos meses com valores mais altos.

### 6.6.17 Prato divisor

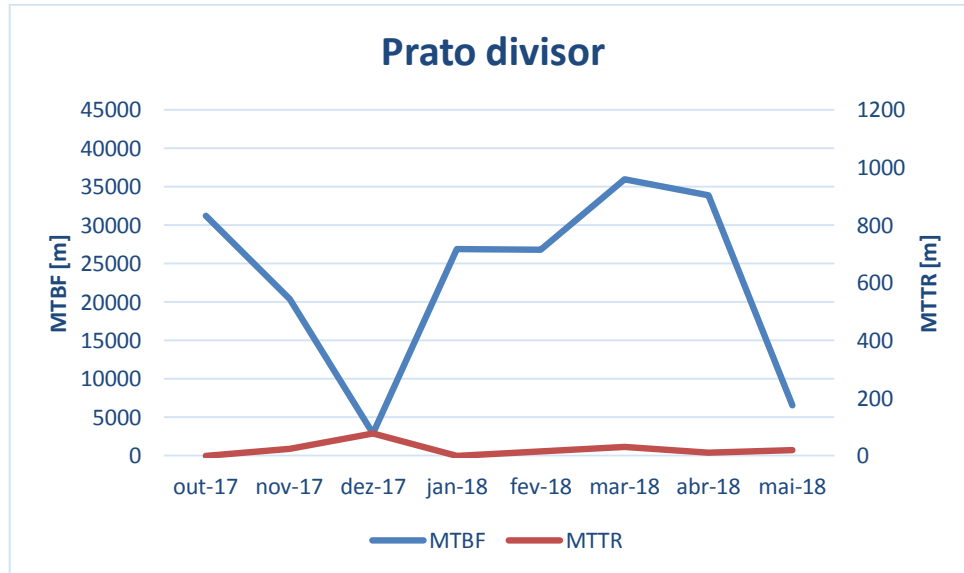


Figura 65 - Evolução do MTBF e MTTR do prato divisor da máquina 2

Como se pode analisar a partir do gráfico da Figura 66 os valores dos dois indicadores com exceção de dois meses, o mês de Dezembro e Maio, registaram valores dentro do objetivo, não sendo por isso necessário realizar melhorias a este sistema.

O mês de Dezembro foi uma exceção devido a uma fuga de óleo no prato que enchia a caixa dos sensores de óleo fazendo com estes deixassem de fazer a sua função e consequentemente fazendo com que o prato divisor não rodasse, como a fuga de óleo dava-se em mais que um ponto, existiram várias avarias dos sensores pois pensava-se que o problema estava solucionada quando se encontrava uma fuga, o que não era a realidade pois existiam mais fugas de óleo. Os valores do mês de Maio explicam-se com a existência de outra fuga de óleo num outro local do prato divisor.

### 6.6.18 Sistema hidráulico

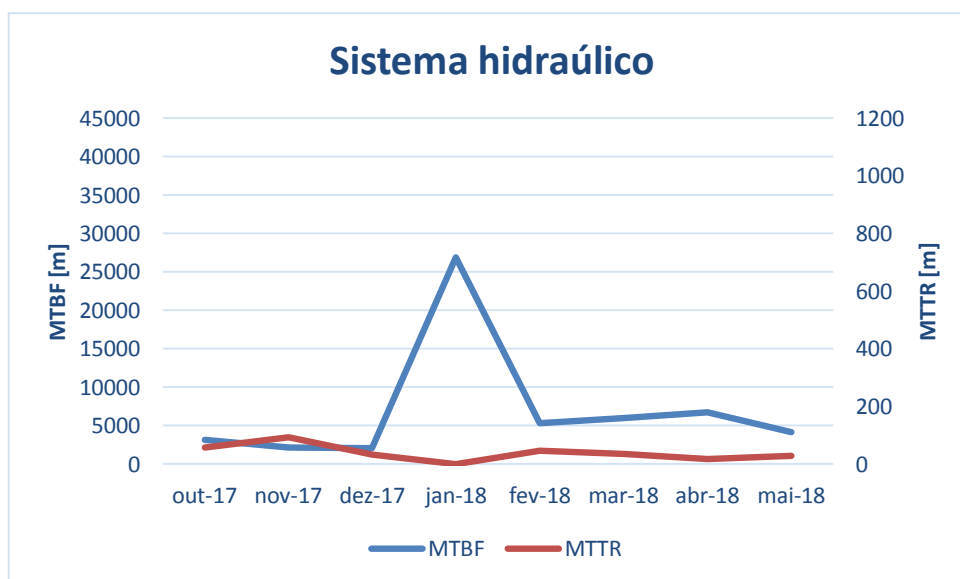


Figura 66 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema hidráulico da máquina 2

Como se pode verificar na Figura 67 o sistema hidráulico vai variando ao longo do tempo nos valores dos dois indicadores analisados. Estes indicadores variam porque o tipo de avaria que este sistema tem é só um, trata-se de fugas de óleo. O indicador MTBF varia consoante o número de fugas de óleo e o indicador MTTR varia consoante o local da fuga de óleo, se esta for de fácil localização o MTTR é baixo, se for de difícil localização é alto.

### 6.6.19 Sistema de lubrificação

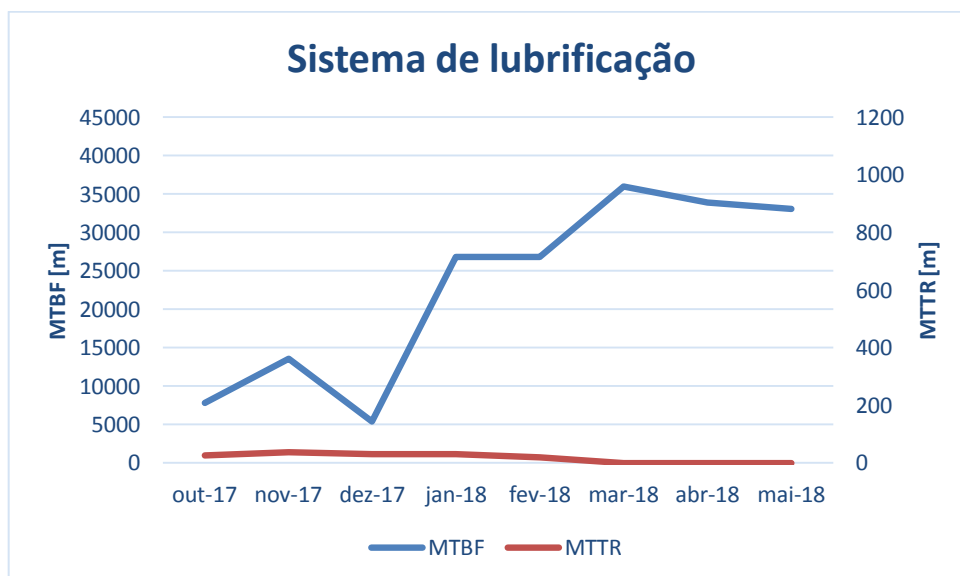


Figura 67 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema de lubrificação da máquina 2

A Figura 67 mostra a evolução dos dois indicadores para este posto mas estes são enganadores pois todos os pedidos são para reabastecimento do sistema, mas o procedimento interno refere que o atestamento do depósito é uma ação da responsabilidade da produção e não da manutenção, sendo por isso possível deduzir que este sistema nunca teve nenhuma avaria.

### 6.6.20 Sistema de emulsão

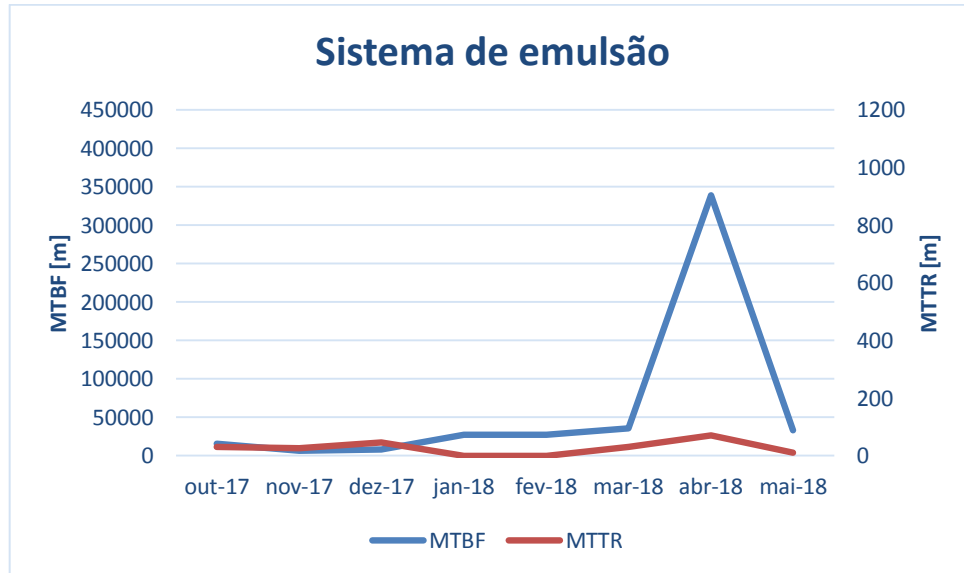


Figura 68 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema de emulsão da máquina 2

Os principais problemas apresentados por este sistema devem à mangueira de lavagem da máquina que se danifica, deve-se perceber o porque de uma mangueira ser mudada por vezes duas vezes no mês. Os meses de Dezembro e Abril registaram piores valores nos indicadores devido a problemas com a qualidade da emulsão, estes foram resolvidos com a substituição da mesma.

### 6.6.21 Sistema pneumático

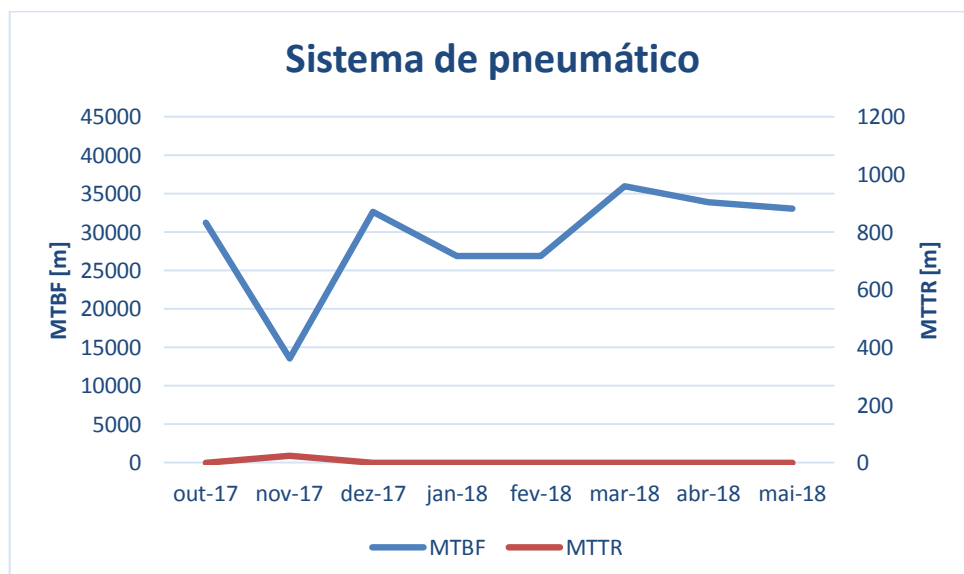


Figura 69 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema pneumático da máquina 2

Como se pode verificar no gráfico anterior este sistema só registou avarias no mês de Novembro, as avarias apresentadas prenderam-se com tubagem partida e uma válvula que não funcionava corretamente.

#### 6.6.22 Sistema de extração de limalhas

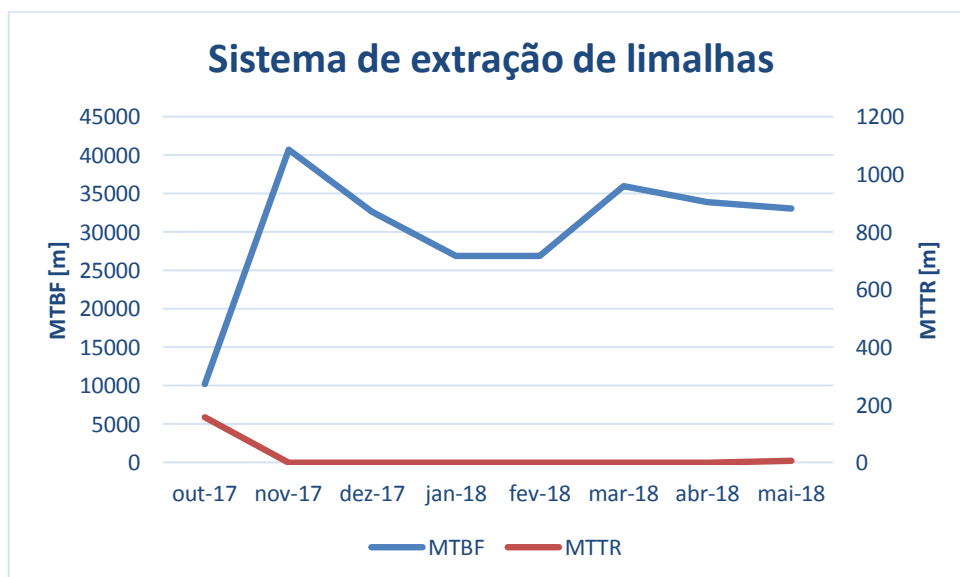


Figura 70 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema de extração de limalhas da máquina 2

O sistema de extração de limalhas só registou três avarias no período analisado, duas no mês de Outubro que se relacionaram com o motor que gera o campo magnético, este teve de ser substituído e uma que se relacionou com o desencravamento do tapete no mês de Maio. Como o número de avarias deste sistema é bastante baixo não é necessário realizar melhorias no mesmo.

#### 6.6.23 Segurança

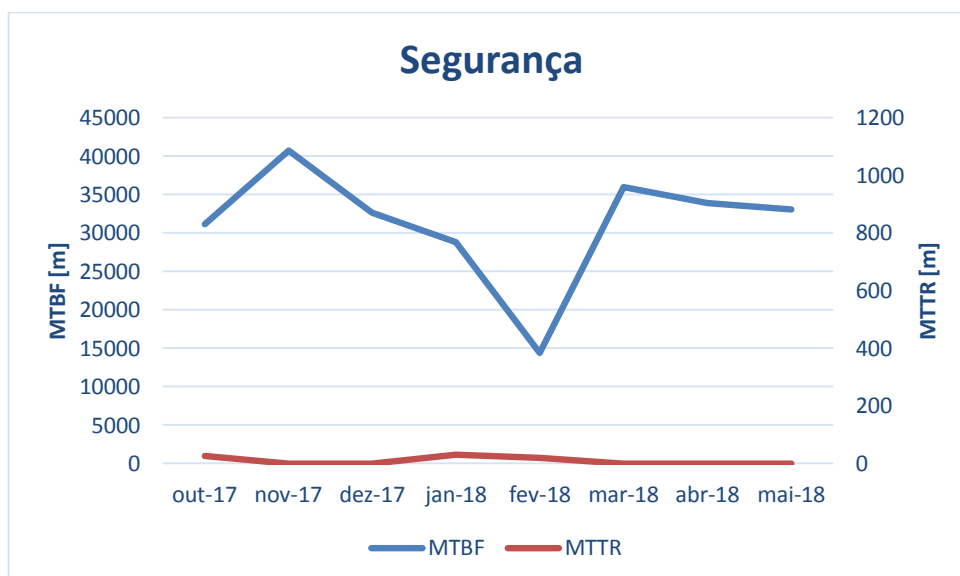


Figura 71 - Evolução do MTBF e MTTR da segurança da máquina 2

Os dados presentes na Figura acima não são representativas dos valores dos indicadores da segurança, pois, neste sistema eram incluídas todas as avarias que não se incluíam em nenhum dos postos ou sistemas anteriores.

Da análise dos dados deste sistema conclui-se que as avarias com ele relacionadas são pouco frequentes, o sistema não regista uma avaria por mês e são de fácil resolução, passando na maioria das vezes pela substituição de um sensor.

#### 6.6.24 Geral da máquina

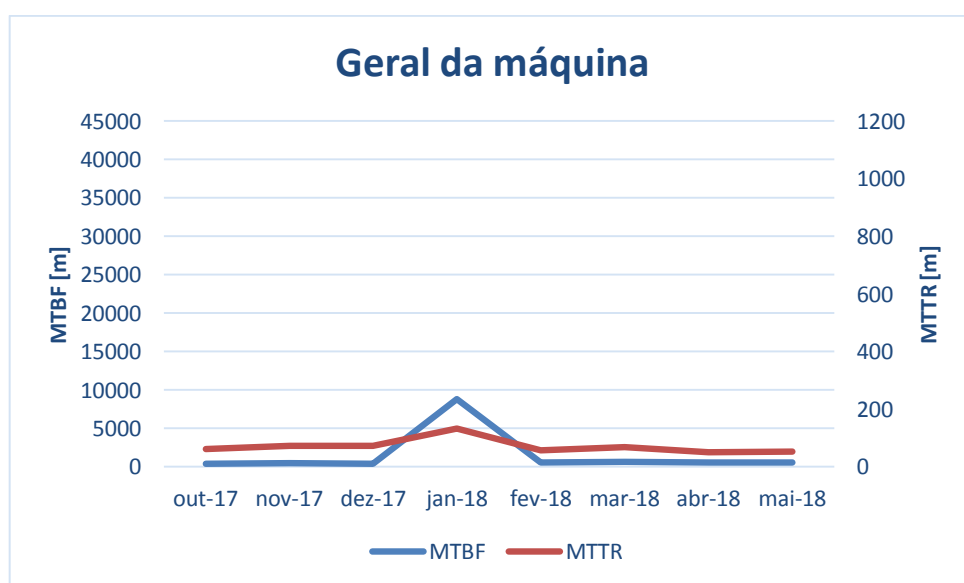


Figura 72 - Evolução do MTBF e MTTR da máquina 2

Como se pode verificar na Figura 73 do mês de Outubro até ao mês de Dezembro os dois indicadores seguem uma tendência de estabilização dos seus valores, o que indica que se registaram o mesmo número de avarias e que estas demoraram sensivelmente o mesmo tempo a serem resolvidas. O mês de Janeiro registou um melhoramento significativo no valor do indicador MTBF pois na última semana do mês de Dezembro de 2017 foi realizada uma intervenção de manutenção profunda na máquina o que fez com que o número de avarias registadas baixa-se bastante. O valor do MTTR também subiu devido a uma avaria que existiu no posto 5 e que influenciou os números gerais da máquina nesse mês.

No mês de Fevereiro e nos seguintes os valores de MTBF e MTTR registados voltaram a seguir a tendência que tinham no final do ano de 2017, este facto indica que os valores da máquina no que toca aos dois indicadores analisados só melhorariam se todos os meses a máquina parasse uma semana para se fazer uma intervenção como a que se realizou no final do ano de 2017, como tal não é possível sugere-se que se adotem as sugestões mencionadas no presente relatório.



Seguidamente será feita uma enumeração dos três piores postos por mês dos dois indicadores utilizados no presente relatório, esta tem como objetivo mostrar quais os piores postos, para se ter uma percepção de em quais se deve atuar com mais urgência nas intervenções de manutenção preventiva mensal. Também nos indica em quais se deve realizar com mais celeridade as melhorias propostas no decorrer do presente relatório.

O mês de Outubro foi o primeiro analisado, os três piores postos do indicador MTBF foram os postos 1 e 3 e o sistema hidráulico, já os três piores do MTTR foram o posto 3 e os sistemas hidráulico e de extração de limalhas.

O mês de Novembro teve como os três piores postos do indicador MTBF os postos 1 e 3 e o sistema hidráulico e os três piores do indicador MTTR foram o posto 3 e os sistemas hidráulico e de extração de limalhas.

O mês de Dezembro teve como três piores postos do indicador MTBF o posto 3, o prato divisor e o sistema hidráulico. Os três piores postos do indicador MTTR foram os postos 1 e 4 e pelo prato divisor.

No mês de Janeiro não existe top três dos indicadores pois só se registaram duas avarias uma no posto 5 e outra no posto 2, as duas relacionaram-se com o desgaste de correias de transmissão de potência.

O mês de Fevereiro teve como três piores postos do MTBF os postos 4 e 5 e o sistema hidráulico. Os três piores do MTTR foram os postos 1, 3 e 4.

O mês de Março teve como três piores os postos 1, 3 e 4, tanto para o indicador MTBF, como para o MTTR.

O mês de Abril apresentou como três piores postos do MTBF os postos 2, 4 e 5, os três piores do MTTR foram os postos 4 e 5 e pelo sistema de emulsão.

O mês de Maio teve como três piores postos do MTBF os postos 3, 4 e 5. Os três piores do MTTR foram os postos 2, 4 e 6.

## 6.7 Rastreabilidade da máquina 3

### 6.7.1 Posto 1

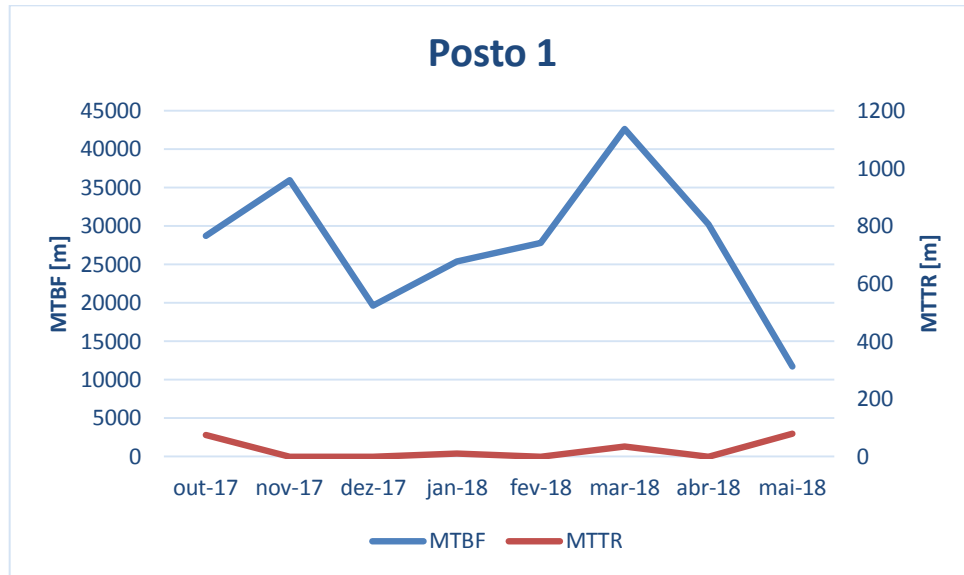


Figura 73 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 1 da máquina 3

Como se pode verificar no gráfico da Figura 74 os valores do MTBF vão variando ao longo do tempo mas mantêm-se sempre elevados com exceção do mês de Maio. Os valores do MTTR com exceção dos meses de Outubro e Maio mantiveram valores dentro do objetivo, que no caso de alguns meses foram zero, o que indica que nesses meses não foram registradas avarias neste posto.

As avarias registradas nestes postos tiveram todas uma única causa, o sensores do mesmo, nos meses de Outubro e Maio o MTTR foi mais alto, porque o sensor que avariou era de difícil afinação, o que torna morosa a resolução da avaria, também no mês de Maio, o valor do MTBF foi baixo porque o sensor que existia como peça reserva não estava nas melhores condições e também teve de ser substituído, como o sensor era novo tentou-se fazer varias afinações antes de se concluir que era o próprio sensor que não fazia a sua função corretamente.

## 6.7.2 Posto 2

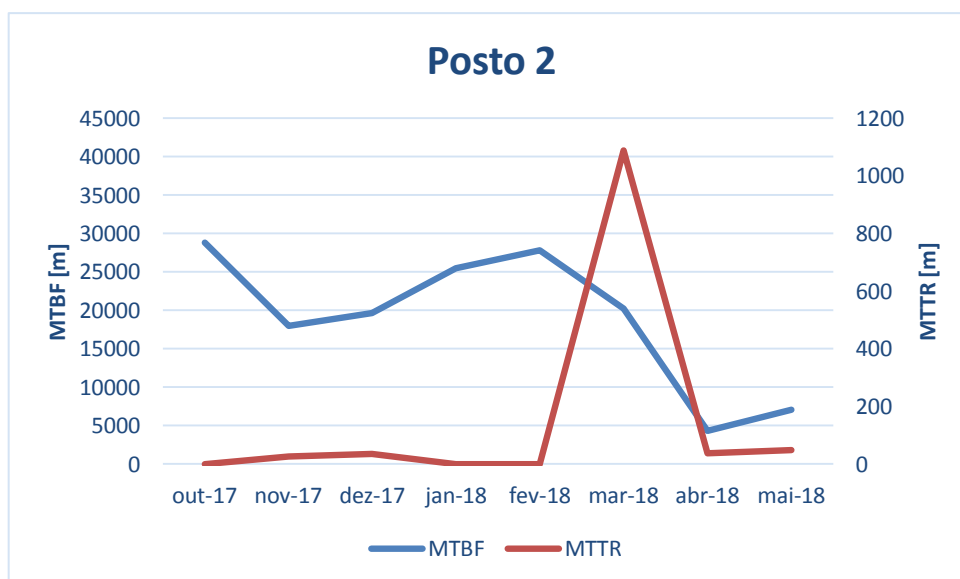


Figura 74 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 2 da máquina 3

Os valores dos dois indicadores analisados neste relatório para este posto apresentam-se bastante satisfatórios até ao mês de Março. Nesse mês o valor do MTBF apesar de ter iniciado uma tendência de descida ainda se mantém bastante elevado, já o valor do MTTR subiu bastante ultrapassando largamente o objetivo. Nos dois meses seguintes analisados, o valor do MTTR normaliza e volta a estar dentro do objetivo mas os valores do MTBF baixam bastante ficando nesses meses abaixo do objetivo. No mês de Maio, o último mês analisado, o indicador MTBF inicia uma tendência de subida.

O valor do MTTR no mês de Março é explicado por uma avaria que consistiu na existência de uma falha da corrente elétrica que fez com que o robot parasse e o autómato perdesse a sua posição, como nenhum dos técnicos da equipa de manutenção conseguiu resolver o problema foi necessário a vinda de um técnico especializado para resolver o mesmo, o que fez disparar o MTTR do posto nesse mês.

Nos meses de Abril e Maio, as avarias registadas foram nos mesmos locais que as registadas nos meses anterior, isto é nos sensores do posto, mas nestes dois meses a periodicidade das avarias aumentou bastante, deve-se estudar a causa da raiz desta alteração para se poder resolver o problema e os valores dos indicadores voltarem a estar dentro do objetivo.

## 6.8 Posto 3

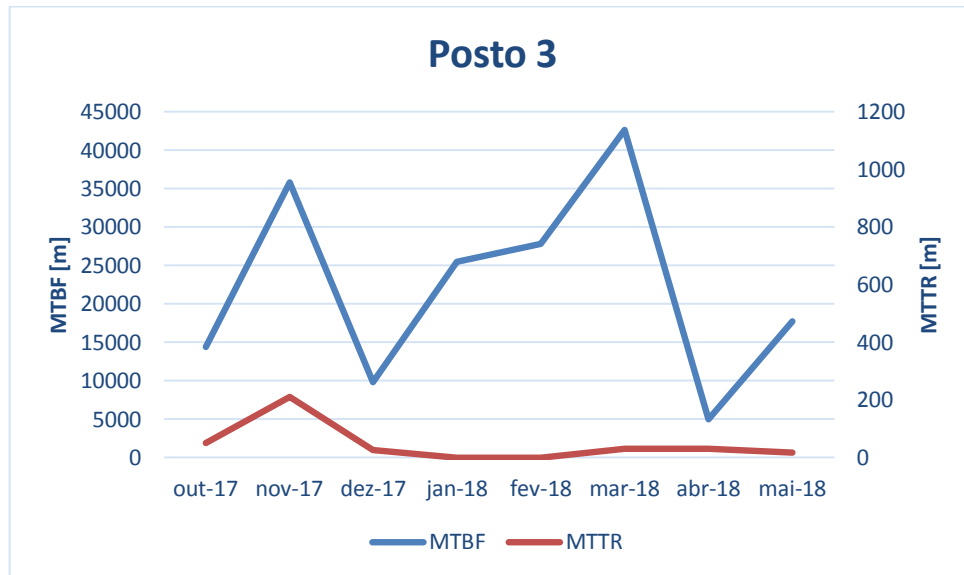


Figura 75 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 3 da máquina 3

Como se pode verificar no gráfico da Figura 76 os valores do MTBF não seguem nenhuma tendência até ao mês de Dezembro onde registam valores considerados baixos. Até ao mês de Março inicia uma tendência de subida sendo que em Abril devido a problemas no sensores da unidade P3HD os valores descem consideravelmente, no mês de Maio iniciou-se novamente uma tendência de melhoramento.

Os valores do MTTR estiveram dentro do objetivo exceto no mês de Novembro devido a uma avaria no motor da unidade P3HD, sendo que o mesmo teve de ser substituído, o que torna a operação de manutenção morosa.

As avarias registadas ao longo do tempo neste posto não foram em grande quantidade nem foram de difícil resolução com exceção da avaria no motor da unidade P3HD no mês de Novembro e as várias avarias nos sensores no mês de Abril. As avarias registadas nos restantes meses também se prendiam com avarias nos vários sensores das duas unidades deste posto. Sugere-se a colocação da ação de limpeza dos sensores das unidades nas gamas de manutenção autónoma com uma periodicidade semanal, esta ação deve diminuir o número de avarias registadas neste posto.

### 6.8.1 Posto 4

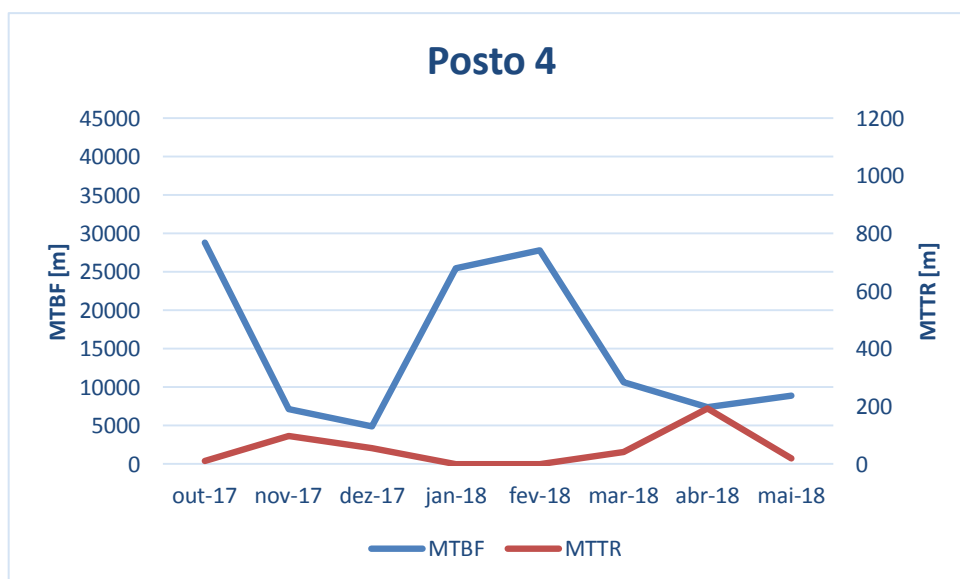


Figura 76 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 4 da máquina 3

Como se pode verificar no gráfico da Figura 77 nenhum dos indicadores analisados segue uma tendência, variando bastante os seus valores ao longo dos meses analisados. Apesar deste facto consegue-se saber quais as avarias que mais influenciaram os indicadores ao longo do tempo. As avarias que mais influenciaram negativamente os valores dos indicadores deste posto foram a existência de folgas nos *spindles* das duas unidades, o que influenciou os valores do MTTR nos meses de Novembro e Abril pois foi necessário proceder-se à troca das unidades em questão. Sugere-se que durante as intervenções de manutenção preventiva seja verificadas as folgas das unidades da máquina e se agende a substituição das unidades com demasiada folga. A avaria que mais influenciou os valores do MTBF foi a substituição do designado amortecedor, propõe-se a introdução da verificação do estado destes componentes nas gamas de manutenção preventiva com periodicidade mensal.

### 6.8.2 Posto 5

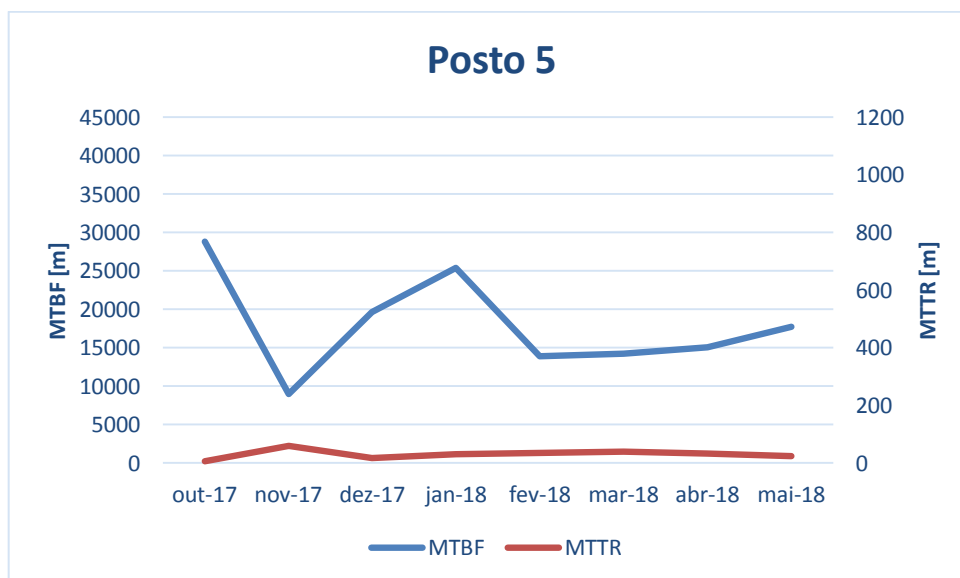


Figura 77 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 5 da máquina 3

Como se pode verificar na Figura 78 os valores do MTBF e MTTR excetuando no mês de Novembro estão dentro do objetivo. A partir do mês de Fevereiro o indicador MTBF inicia uma tendência de subida, o indicador MTTR só inicia a tendência de descida no mês de Março.

As principais avarias neste posto prenderam-se com afinações ou substituições de sensores nas duas unidades.

O mês de Novembro foi uma exceção pois um *spindle* avariou e teve de ser substituído, essa operação afetou o indicador MTTR nesse mês, consequentemente foi necessário afinar a unidade e os seus sensores, essas pequenas afinações afetaram o indicador MTBF.

### 6.8.3 Posto 6

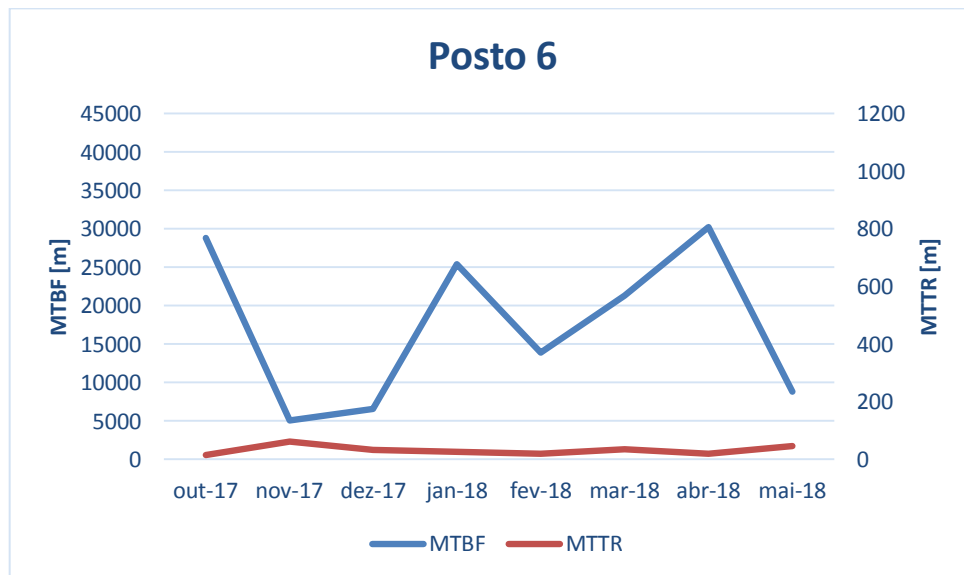


Figura 78 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 6 da máquina 3

Como se pode verificar no gráfico da Figura 79 os dois indicadores não seguem nenhuma tendência ao longo do tempo. O indicador MTTR só no mês de Novembro fica acima do objetivo. O indicador MTTR regista valores mais baixos nos meses de Novembro, Dezembro e Maio.

Os valores de Novembro e Dezembro são explicados pela avaria de um *spindle* que foi trocado por outro que existia como peça reserva no armazém, mas esse *spindle* não estava nas melhores condições e depois de colocado na máquina teve de sofrer várias reparações, a troca deu-se no final do mês de Novembro o que afetou os indicadores desse mês e também o MTBF do mês seguinte visto que o problema não ficou resolvido imediatamente.

O valor do mês de Maio no que toca ao MTBF é explicado pelo número anormal de avarias num sensor de uma unidade, sendo que a causa raiz foi descoberta e tratava-se de um cabo que entrava em curto-circuito.

#### 6.8.4 Posto 7

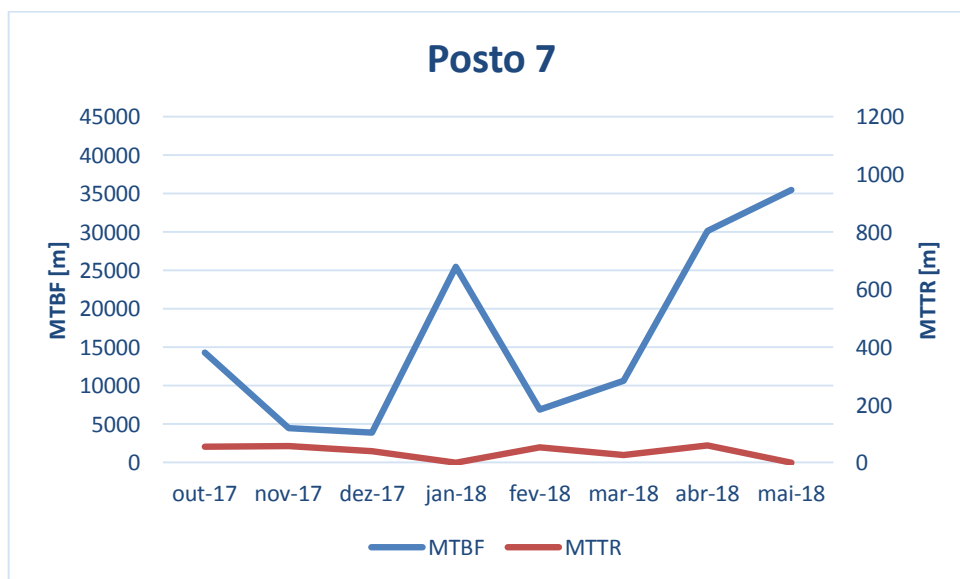


Figura 79 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 7 da máquina 3

Como se pode verificar na Figura anterior este posto não segue nenhuma tendência em ambos os indicadores analisados e também tem vários meses com os dois indicadores fora do objetivo, este facto deve-se também às mesmas avarias que existiram nos postos anterior que eram correias deterioradas, sensores desafinados ou avariados ou o travão da unidade também avariado. Este posto tem os dois indicadores piores porque no mês de Novembro como as pastilhas de corte estavam com um *stock* baixo a produção pediu para se inverter o sentido de rotação das unidades deste posto, mas como as pastilhas de corte só têm gomo de corte num sentido a experiência da produção não surtiu o efeito desejado e foi feito novo pedido para se inverter o sentido de rotação dos *spindles*, este pedido da produção afetou bastante os indicadores nos meses de Outubro e Novembro. Este posto como utiliza *spindles* diferentes, com três rolamentos ao contrário dos outros postos que apresentam unidades com dois rolamentos, estes tendem a avariar mais e é necessário substituí-los, sugere-se que se realize um estudo para se saber se é possível utilizar os *spindles* de dois rolamentos neste posto, se tal não for possível sugere-se que se realize uma intervenção de manutenção a todas as unidades de três rolamentos.

### 6.8.5 Posto 8

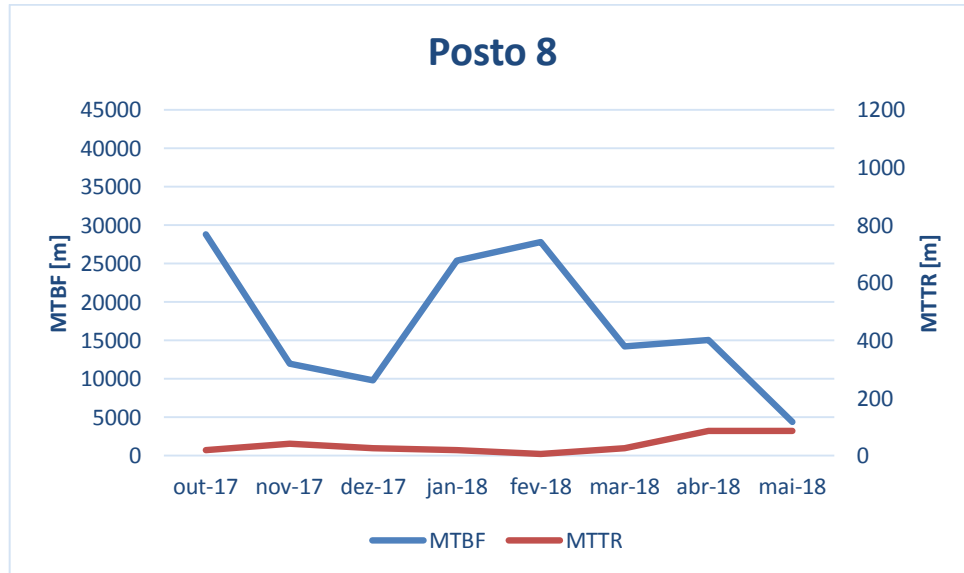


Figura 80 - Evolução do MTBF e MTTR do posto 8 da máquina 3

Como se pode verificar os indicadores deste posto também não seguem nenhuma tendência mas mantêm dentro dos objetivos com exceção do mês de Abril e Maio.

As principais avarias registadas prendem-se com afinações ou substituições dos vários sensores do posto. Os meses de Abril e Maio são uma exceção pois no mês de Abril uma das garras do posto avariou e quando foi substituída o novo componente necessitou de várias afinações que tiveram repercussões no mês seguinte.



### 6.8.6 Prato divisor

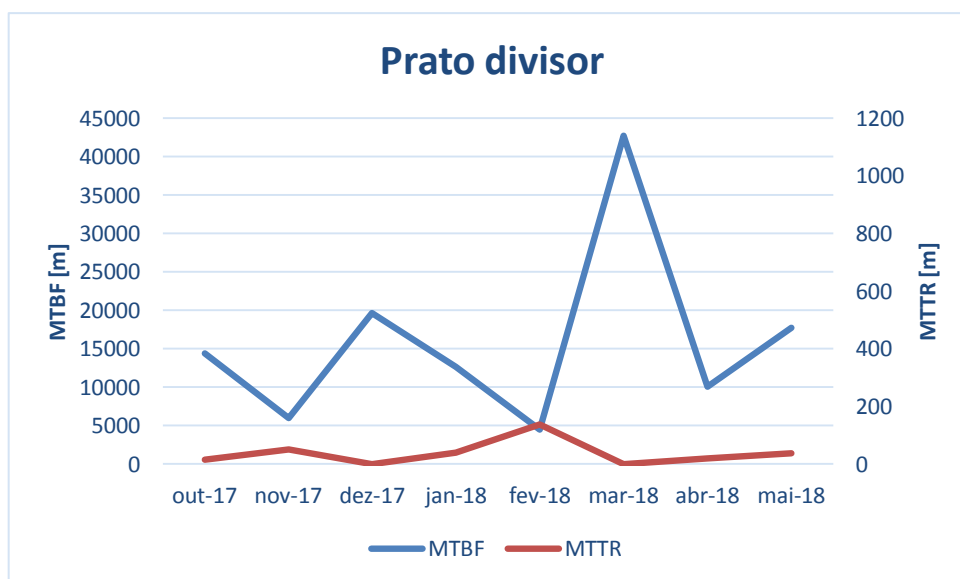


Figura 81 - Evolução do MTBF e MTTR do prato divisor da máquina 3

Assim como no posto anterior neste sistema os indicadores não seguem nenhuma tendência.

As principais avarias registadas relacionam-se com afinações de sensores ou substituição dos mesmos, sugere-se que se inclua nas gamas de manutenção preventivas trimestrais a ação de verificação do estado de conservação dos sensores do prato divisor.

O mês de Fevereiro registou um valor de MTTR bastante elevado devido a um problema no cilindro indexador que fazia com que as bielas ficassem mal maquinadas, o problema foi resolvido com a deslocação do cilindro cinco décimas de milímetro para baixo.

### 6.8.7 Sistema de emulsão

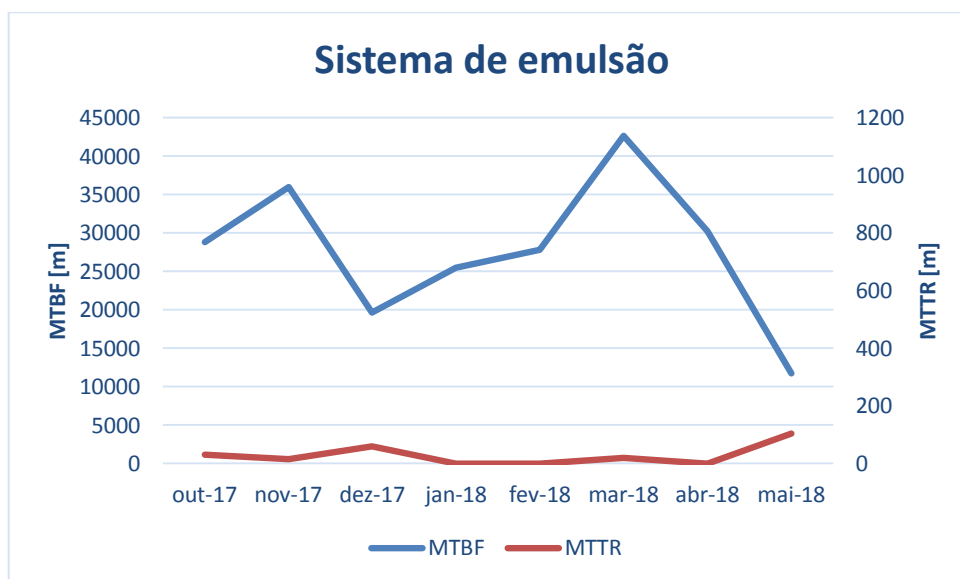


Figura 82 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema de emulsão da máquina 3

Os únicos problemas que este sistema apresentou relacionaram-se com a bomba de sucção da emulsão da tina de retenção para o depósito do sistema, com o passar do tempo a bomba

sugava limalhas que impediam o seu normal funcionamento, sugere-se que se coloque um filtro à entrada do tubo de sucção para impedir que as limalhas entrem na bomba. O mês de Maio registou um MTTR elevado pois a bomba queimou o motor e esta teve de ser substituída. Sugere-se também a colocação desta bomba nas gamas de manutenção preventiva com periodicidade de acordo com a sua documentação técnica.

#### 6.8.8 Sistema pneumático

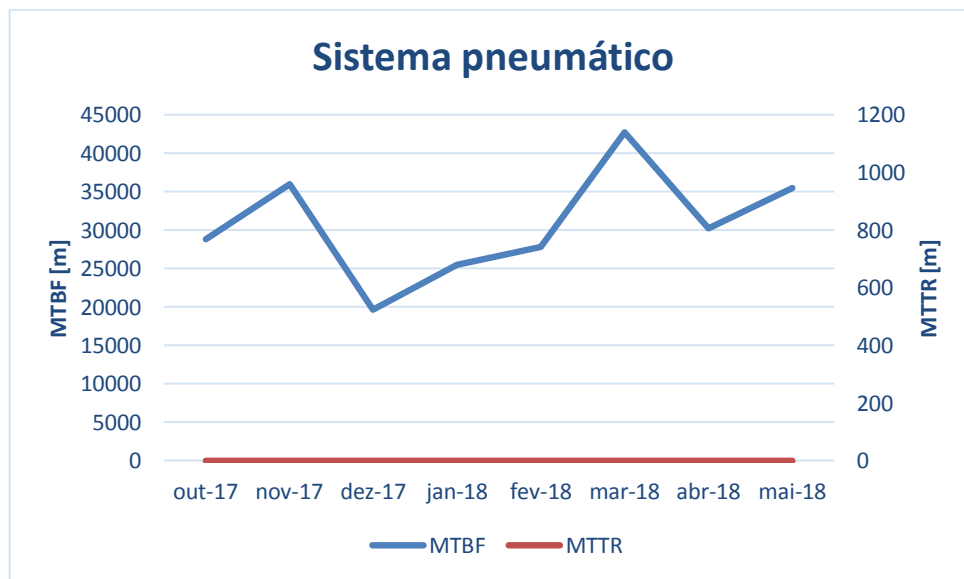


Figura 83 - Evolução do MTBF e MTTR do sistema pneumático da máquina 3

Como se pode verificar na Figura anterior este sistema não registou avarias. Os valores do MTBF variam ao longo dos meses influenciados pelo tempo de laboração da máquina.

### 6.8.9 Segurança

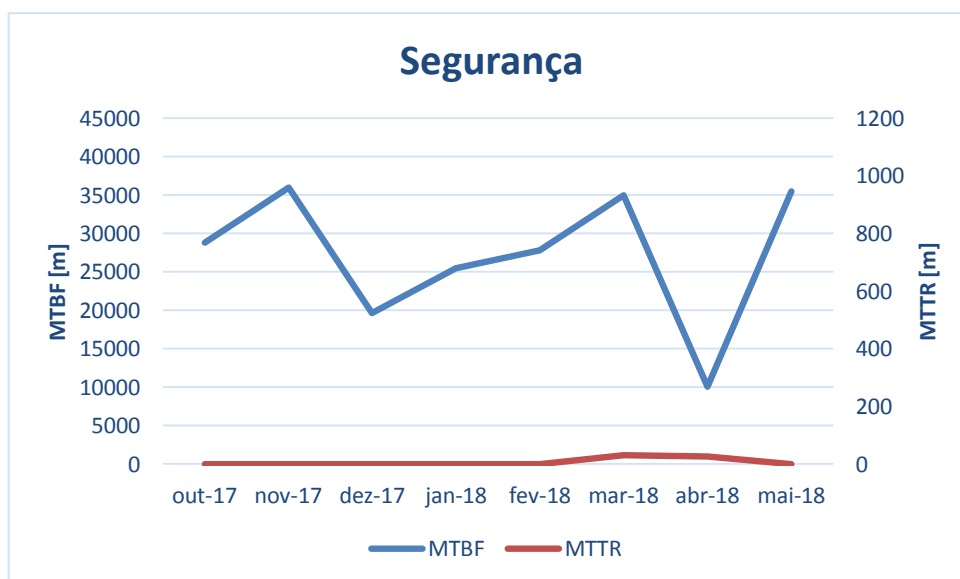


Figura 84 - Evolução do MTBF e MTTR da segurança da máquina 3

Os dados presentes na Figura acima não são representativas dos valores dos indicadores da segurança, pois neste sistema eram incluídas todas as avarias que não se incluíam em nenhum dos postos ou sistemas anteriores.

### 6.8.10 Geral da máquina

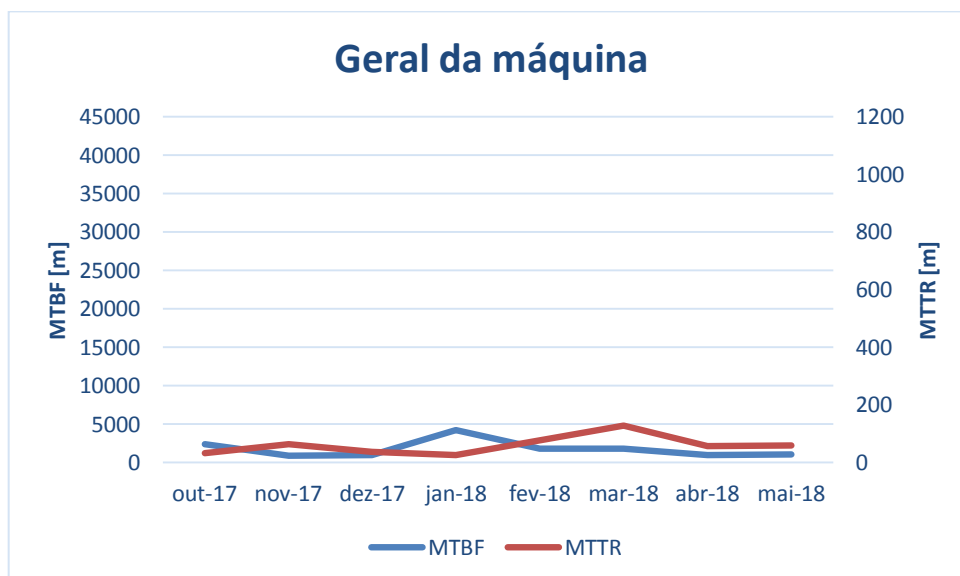


Figura 85 - Evolução do MTBF e MTTR da máquina 3

Os valores dos dois indicadores nesta máquina variam ao longo dos meses. As avarias registadas, salvo algumas exceções, não são de difícil resolução e têm uma alguma periodicidade. Os valores registados dos indicadores na maioria dos meses mantêm-se dentro do objetivo. Isto deve-se ao facto desta máquina ser a mais nova das três analisadas e também a que tem um funcionamento mais simples.

Seguidamente será feita uma enumeração dos três piores postos por mês dos dois indicadores utilizados no presente relatório, esta enumeração tem como objetivo mostrar quais

os piores postos, para se ter uma percepção de em quais se deve atuar com mais urgência nas intervenções de manutenção preventiva mensal. Também nos indica em quais se deve realizar com mais celeridade as melhorias propostas no decorrer do presente relatório.

O mês de Outubro teve como três piores postos do MTBF os postos 3 e 7 e o prato divisor. Os piores três postos do MTTR foram os postos 1, 3 e 7.

No mês de Novembro os três piores postos do MTBF foram os postos 6 e 7 e o prato divisor, já os três piores postos do MTTR foram os postos 3, 4 e 6.

O mês de Dezembro foi caracterizado por ter nos três piores postos do MTBF os postos 4, 6 e 7 e os três piores do MTTR foram os postos 4 e 7 e o sistema de emulsão.

O mês de Janeiro teve nos três piores postos do MTBF e do MTTR, os postos 5 e 6 e o prato divisor.

Os três piores postos do MTBF e do MTTR do mês de Fevereiro foram os postos 5 e 7 e pelo prato divisor.

O mês de Março teve como três piores postos do MTBF os postos 4, 5 e 7. Os três piores postos do MTTR foram os postos 2, 4 e 5.

O mês de Abril teve como três piores postos do MTBF os postos 2, 3 e 4, os três piores do MTTR foram os postos 4, 7 e 8.

O mês de Maio teve como três piores postos do MTBF os postos 2, 6 e 8, os três piores do MTTR foram os postos 1 e 8 e pelo sistema de emulsão.

## 6.9 Comparação das três máquinas

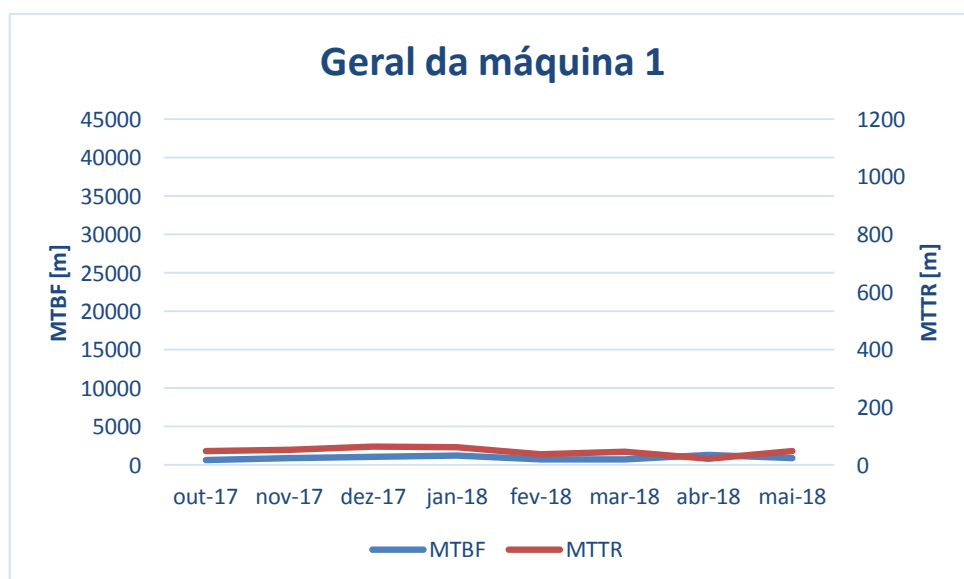


Figura 86 - Evolução do MTBF e MTTR da máquina 1

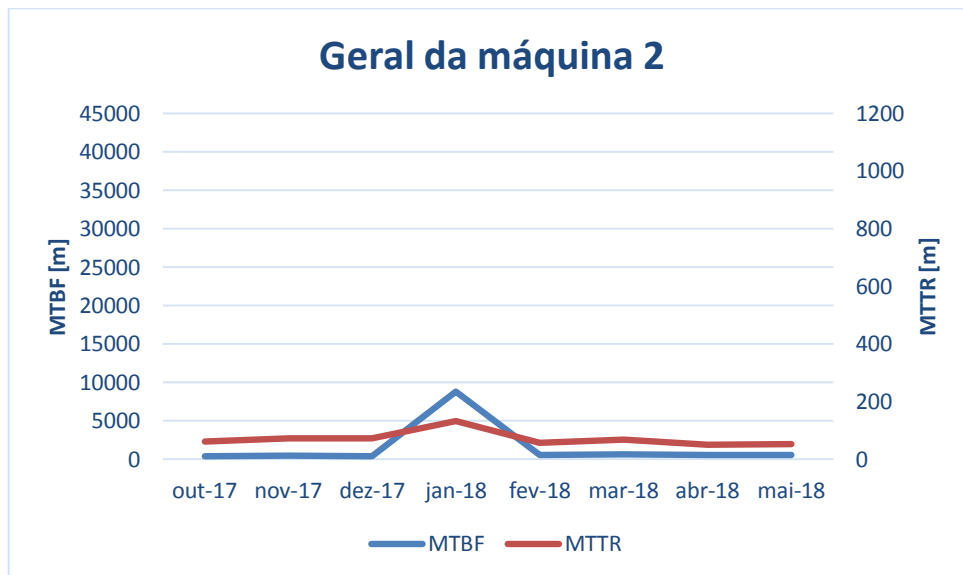


Figura 87 - Evolução do MTBF e MTTR da máquina 2

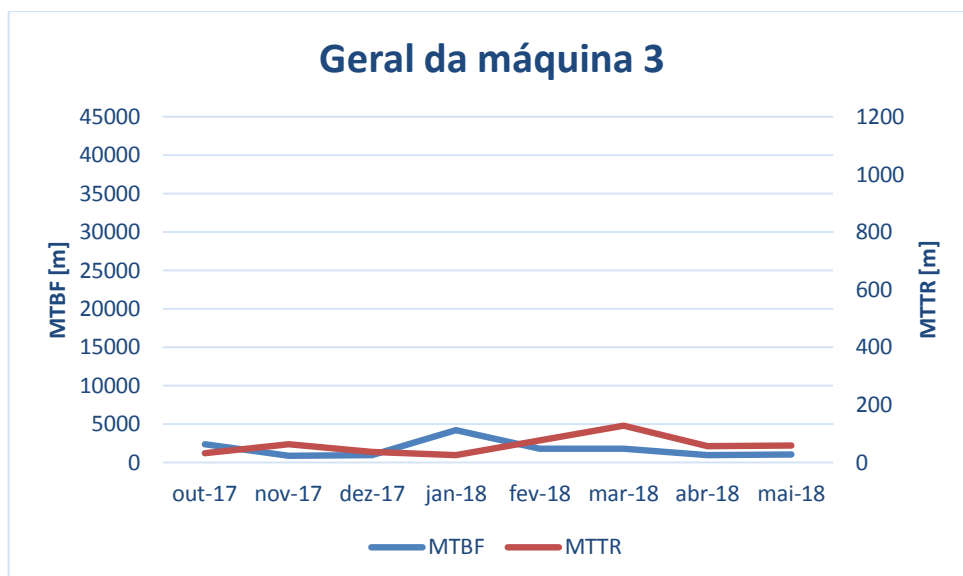


Figura 88 - Evolução do MTBF e MTTR da máquina 3

Como se pode verificar nos gráficos das três Figuras anteriores as três máquinas registaram valores, quer de MTBF, quer de MTTR bastante parecidos, sendo que em alguns meses vão tendo picos num ou nos dois indicadores, estes picos são normalmente causados por uma avaria que demora bastante a ser resolvida e que por norma afeta outros componentes que também começam a registar avarias.

Da análise dos gráficos conclui-se que a máquina que registou melhores valores do indicador MTBF foi a máquina 3 porque os valores registados nesta máquina em média são maiores que os valores médios registados nas restantes máquinas, este facto verifica-se pois as unidades utilizadas nesta máquina tem uma maior fiabilidade que as utilizadas nas outras máquinas, visto que estas são mais novas. A máquina que registou o pior indicador MTBF foi a máquina 2 porque os valores registados excetuando o mês de Março situaram-se sempre abaixo dos mil minutos, este facto deve-se à existência de várias unidades de avanço que são elementos com baixa fiabilidade.

A máquina que registou melhores valores de MTTR foi a máquina 1 pois a máquina 3 registou um pico neste indicador no mês de janeiro, o que fez com que os valores médios piorassem. A pior máquina neste indicador foi a máquina 2 pela mesma razão apresentada para o indicador MTBF. Desta análise conclui-se que a pior máquina é a 2.



## 7 Conclusão

No decorrer do estágio foram desenvolvidas várias folhas de cálculo em ambiente Excel, sendo três para base de dados das *spare parts* dos componentes dos três equipamentos mecânicos estudados e inúmeras folhas em que se analisam os KPI da manutenção em relação quer aos vários componentes dos três equipamentos mecânicos, quer aos mesmos como um todo.

Este estudo dos KPI por se tratar de uma análise bastante aprofundada, visto que se estudou o comportamento destes indicadores ao nível dos vários componentes dos três equipamentos mecânicos, permitiu identificar quais os componentes que mais prejudicavam estes mesmos indicadores e que se atuasse de forma mais rápida sobre componentes.

Da mesma análise conclui-se que os componentes que mais avarias registavam na máquina 1 e 2 eram os anti vibratórios e as caixas de cames, tendo sido sugeridas várias alterações a estes componentes para que os seus indicadores melhorassem. Da análise comparativa das três máquinas também se concluiu que a máquina que apresenta menos avarias foi a máquina 1.

Este trabalho aliado ao primeiro projeto que foi proposto, o da compilação de toda a informação respeitante às *spare parts* a utilizar nos diferentes componentes dos três equipamentos mecânicos possibilitou que as intervenções de manutenção realizadas nestas máquinas passassem a ser mais concisas e eficientes.

As principais dificuldades sentidas no decurso do Estágio, prenderam-se com a necessidade de melhorar os conhecimentos a nível mecânico, para uma melhor compreensão dos manuais dos equipamentos e uma perceção do seu funcionamento na instalação.

Em conclusão do trabalho realizado na CBI Portugal S.A, é importante realçar o desenvolvimento profissional e pessoal ao longo do estágio. Com um ambiente de trabalho exigente e dinâmico onde houve imensas ocasiões de aprendizagem, pois diariamente surgiam novos desafios para ultrapassar, o que contribuiu para uma forte aquisição de competências técnicas e práticas nesta área.

A forte aquisição de competências nos domínios do desenho técnico, da óleo-hidráulica e da pneumática, bem como na resolução de problemas mecânicos em oficina possibilitaram ao estagiário desenvolver diversas competências.





## Referências Bibliográficas

AFNOR NF X 60-10 (2002). *Maintenance industrielle Fonction maintenance*, Normalisation Française, France.

Bristot V. (2012). *Estudo para implementação de Sistemas de gestão de manutenção Industrial*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BS 3811 (2011). *Maintenance Management Terms in Terotechnology*, Bristish Standard, London.

Cabral, José P. S. (2009). *Gestão da Manutenção de Equipamentos, Instalações e Edifícios*, 1ª Edição, LIDEL.

Dias J. (2003). *A Gestão da manutenção em Portugal*, Instituto Superior de Economia Industrial, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

DIN 31051 (2012). *Fundamentals of Maintenance*, Deutsches Institut für Normung, Berlin.

Hamrick, J. (1994). *Eastward with TPM and CMMs*. Technical journals online, Vol. VII, Issue III, pp. 196-200.

IATF 16949 (2016). Estratégias de Transição, International Automotive Task Force.

MORO, Noberto; AURAS, André Paegle (2007). *Introdução à Gestão da Manutenção*. Monografia, Florianópolis.

Neves A. (2012). *O uso de indicadores chave de desempenho para avaliar a eficiência dos sistemas de gestão*. Tese de Mestrado, Instituto Superior de Educação e Ciências, Lisboa.

NP EN 13306 (2007). *Terminologia da manutenção*, Instituto Português da Qualidade, Portugal.

P. DE GROOTE (1992). *Maintenance Management Manual*, UNIDO - United Nations Industrial Development Organization; ILO - International Labour Office.

Silva R. (2004). *Gestão no Sector da Manutenção*. Relatório de Pós-Graduação, Departamento de Economia, Contabilidade e Administração da Universidade de Taubaté, Taubaté.

Simões J (2011). *Indicadores de performance em manutenção industrial*, Universidade de Coimbra, Coimbra.

Conceição, Isabel; Sousa, João. Fiapal. Consultado em Dezembro 30, 2017 em: <https://www.fiapal.com/fiapal.php?idconteudo=5>

AICEP. Comércio Internacional do Setor Automóvel. Consultado em Dezembro 13, 2017 em: <http://www.portugalglobal.pt/PT/Paginas/Index.aspx>

CBI. Chassis Brakes Internacional Portugal. Consultado em Dezembro 18, 2017 em: <https://www.chassisbrakes.com/country/portugal/>

Italian trade Agency. Consultado em Dezembro 20, 2017 em: [http://www.subforitalia.de/module/exhibitor/uploads/34250c8080fe2bc1784ab319f9802df8/en/EUROMA\\_Catalogue\\_Eng.pdf](http://www.subforitalia.de/module/exhibitor/uploads/34250c8080fe2bc1784ab319f9802df8/en/EUROMA_Catalogue_Eng.pdf)

Fibrotakt. Consultado em Janeiro 22, 2018 em: <http://34522.buildyourownpublisher.com/documents/00059.pdf>.

Kostyrka. Consultado em Janeiro 24, 2018 em: <http://www.kostyrka.com/en/products/support-elements.html>

BkMicro. Consultado em Fevereiro 15, 2018 em: <http://www.bkmikro.de/en/portuguese/>